PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. 1. April 1902. Redaktionsschluss für No. 14 am 9. April 1902. 3. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
E. Lecher, Über drahtlose Telegraphie. S. 273.
J. Stark, Über die Beziehung zwischen Kathodenfall und Stromstärke. S. 274.
B. Davis, Einige vorläufige Versuche über die Bewegung von Ionen im veränderlichen Magnetfelde. S. 275.

Vorträge und Diskussionen von der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg:
H. Th. Simon und M. Reich, Tönende Flammen und Flammentelephonie. S. 278.

Vorträge und Reden:
A. Sommerfeld, Beiträge zum dynamischen Ausbau der Festigkeitslehre. (Schluss.) S. 286.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1902. S. 292.

Personalien. S. 304.

Gesuche. S. 304.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über drahtlose Telegraphie.

Von E. Lecher.

Unter dem Titel „Neues vom Hamburger Naturforschertage" hielt E. Lecher im Vereine „Lotos" in Prag am 26. Oktober 1901 einen Vortrag.

Einen Teil dieses Vortrages bildete eine Darstellung der neuesten Methoden der drahtlosen Telegraphie und speziell der von Braun und Siemens & Halske zwischen Cuxhaven und Helgoland installierten Anlage.

Dabei entwickelt E. Lecher folgenden, wie er glaubt, neuen Gesichtspunkt.

Bei grösserer Distanz — Marconi gelangte bereits bis zu 300 km — sollte man meinen, dass durch die Schirmwirkung der Erdkrümmung und anderer Hindernisse die Wirkung der elektrischen Wellen bis zur Unkenntlichkeit geschwächt würden. Ein linearer Erreger strahlt zwar in der Richtung der Schwingung keine Kräfte aus: die Hauptstrahlung erfolgt in der Äquatorialebene; trotzdem aber wird die Ausbreitung der Wellen ungefähr eine kugelförmige sein und das Gesetz der Abnahme der Intensität dürfte angenähert dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional sein. In einer Entfernung von 300 km wäre wohl kaum noch die Spur eines Effektes, selbst wenn wir von der Schirmwirkung der Erde u. dgl. absehen. Nach neuen Versuchen hat die Erdung von Geber und Sender keinen Einfluss. Man kann also von einer Erdleitung im gewöhnlichen Sinne nicht sprechen. Gleichwohl glaubt Vortragender, dass diese Leitung eine gewisse Rolle spielt und zwar in folgender Weise.

Wenn man nämlich in der Fortpflanzungsrichtung einer elektrischen Welle einen leitenden Draht spannt, so treten ganz merkwürdige Erscheinungen auf. Nach diesbezüglichen theoretischen Arbeiten (z. B. Sommerfeld) läuft die Welle längs des Drahtes; die elektrische Schwingung geschieht senkrecht zur Drahtoberfläche und ein Teil der Wellenenergie dringt in die äusserste Oberfläche des Drahtes ein. Es liegt nun die Idee nahe, dass in ganz analoger Weise die Wellen der drahtlosen Telegraphie auf der Erd- oder Wasserfläche weiter laufen senkrecht zu dieser schwingend, wobei nur am Fusspunkte etwas in die Erde eindringt. Die Richtung der hin- und herpendelnden elektrischen Kraft giebt die gestrichelte Linie der nachstehenden Skizze. *A* sei der Erreger, *B* der Empfänger. Die Details dieser Vorstellung müsste man ganz den Anschauungen über das

Streichen einer elektrischen Welle längs eines Drahtes nachbilden. Nun scheinen die Ergebnisse der drahtlosen Telegraphie zu zeigen, dass die Wellen über Wasserflächen besser gehen als über Landflächen. Wasser ist ein sehr guter Leiter für solche langsame Schwingungen (anomale Absorption).

Ist diese Anschauung richtig, so wird — abgesehen von Joulescher Wärme — die Abnahme der Wirkung der verkehrten ersten Potenz der Entfernung proportional sein, solange man nach allen Seiten um den Erreger Wasser oder Land hat. Ist aber ein breiter (elektrisch besser leitender) Meerarm zwischen Geber- und Empfangsstation, so leitet dieser Wasserweg die Wellen längs seiner Oberfläche ähnlich so wie der leitende Draht in den Sommerfeldschen Darstellungen. Dann enttällt die Ausbreitung nach allen Seiten der Fläche und die Thatsache, dass die Wellenenergie über so weite Strecken hinweg gelangt, erscheint weniger verwunderlich.

Diese Anschauungen des Vortragenden sind Vermutungen. Es würde sowohl eine Prüfung durch Rechnung als auch durch Laboratoriumsversuche nicht leicht möglich sein. Hingegen könnten passende Experimente im Freien unschwer angestellt werden.

Horizontale Erreger wirken bekanntlich im

Freien nur auf kleine Strecken. Das müsste im Luftballon weit weg von der Erd- oder Wasseroberfläche ganz anders sein. Hier müssten vertikale und horizontale Erreger gleich schlecht wirken. Will man auf eine vertikale Wand hinauftelegraphieren, so muss Erreger und Empfänger horizontal stehen. Das Hinauftelegraphieren längs einer leitenden Bergwand müsste viel leichter gehen als das Hinauftelegraphieren in einen gleich hohen Luftballon, wo die leitende Bergwand fehlt. Hätte man zwei gleich hohe Luftballons mit vertikalem Geber und Empfänger, so müsste die Wirkung um so besser werden, je mehr diese Ballons sich der Erdoberfläche nähern. Solche Versuche liessen sich in der mannigfaltigsten Weise zusammenstellen.

Sind diese Vermutungen richtig, so hat man eigentlich keine „drahtlose" Telegraphie. Auch ohne jegliche Drahtleitung wirkt Erd- oder noch besser die Wasseroberfläche als Leiter, der den längs seiner Oberfläche senkrecht zu derselben schwingenden Hertzschen Strahl als Leitlinie dient und denselben zusammenhält.

(Eingegangen 4. März 1902.)

Über die Beziehung zwischen Kathodenfall und Stromstärke.

Von J. Stark.

1. Einleitung. Über den normalen Kathodenfall des Glimmstromes ist man einig; nach Hittorfs und Warburgs Messungen erkennt jedermann an, dass er unabhängig von Gasdruck und Stromstärke ist. Über das Gesetz des abnormalen Kathodenfalls ist man nicht einig.

Nach G. C. Schmidt[1]) (Dezember 1899) ist der abnormale Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke. Ich stellte (Oktober 1901) auf Grund ausgedehnter Messungen folgendes Kathodenfallgesetz[2]) auf:

$$K = K_n + \frac{k}{p f^{1/3}} \left(i - j_n \cdot f \right)^{1/2}$$

Hierin ist K_n der normale Kathodenfall, k eine Konstante, p der Gasdruck, f die Grundfläche des negativen Glimmlichtes, i die Stromstärke, j_n die Stromdichte bei normalem Kathodenfall. In dem Hefte des Philosophical Magazine für Dezember 1901 behauptet C. A. Skinner[3]), dass der abnormale Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke sei; er hatte seine Abhandlung bereits im August 1901 vor der American Association for the Advancement of science gelesen.

Ob das von mir vorgeschlagene Gesetz noch genaueren Messungen gegenüber standhalten kann, haben weitere Untersuchungen zu entscheiden. Aufgabe der vorliegenden Mitteilung soll sein zu zeigen, dass die Annahme einer linearen Abhängigkeit des abnormalen Kathodenfalls von der Stromstärke sich nicht auf Grund der bis jetzt vorliegenden Messungen aufrecht erhalten lässt. Meine über ein weites Druck- und Stromgebiet ausgedehnten Messungen zeigen in Kurvenform dies auf einen Blick.

2. Hittorfs Messungen. W. Hittorf[1]) hat die ersten Messungen über den abnormalen Kathodenfall angestellt. Er benützte hierbei eine scheibenförmige Kathode. Seine Messungen sind nicht zahlreich; er versuchte nicht, die Beziehung zwischen Kathodenfall und Stromstärke mathematisch zu formulieren. Ich gebe in der Fig. 1 zwei seiner Messungsreihen in Kurvenform; die Einheit der Stromstärke und diejenige des Kathodenfalles ist eine willkürliche.

Dass die Beziehung zwischen Stromstärke und Kathodenfall nicht linear ist, geht schon aus Hittorfs Messungen unleugbar hervor.

3. G. C. Schmidts Messungen. — G. C. Schmidt (a. a. O.) hat an einer Drahtkathode bei verschiedenen Temperaturen Messungen über den Kathodenfall angestellt. Er teilt eine Tabelle mit, in welcher lediglich für den Gasdruck von 0,96 mm zu 5—7 Werten der Stromstärke der zugehörige Kathodenfall angegeben ist. Er schreibt mit Bezug auf diese Tabelle folgendes. „Aus der Tabelle X geht hervor: Steigert man die Stromstärke, nachdem die Kathode schon ganz bedeckt ist, so nimmt das Kathodenpotential und zwar geradlinig mit der Stromstärke zu. Eine Formel von der Gestalt $v = v_0 + bi$, wo b eine Konstante bedeutet, stellt alle Beobachtungen dar."

Man geht in der Annahme wohl nicht fehl, dass Schmidt die von ihm gegebene Formel lediglich als Interpolationsformel für seine Messungen betrachtet wissen wollte. Dass er eine nahezu lineare Beziehung erhielt, hat zwei Ursachen. Erstens ist das Stromgebiet, in dem er beobachtete, nicht gross, und von den Werten für normalen Kathodenfall zu weit entfernt. Zweitens scheint er seine Beobachtungen nur auf höhere Gasdrucke beschränkt zu haben. Beide Ursachen lassen die Krümmung der K, i-Kurve nicht deutlich hervortreten.

4. Skinners Messungen. — Skinner (a. a. O.) benutzte bei seinen Messungen eine Plattenkathode. Mit Bezug auf die von ihm vorgenommene graphische Darstellung seiner Messungen schreibt er folgendes: „In der Figur stellt für den angegebenen Gasdruck

1) G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. 1, 640, 1900.
2) Diese Zeitschr. 3, 88, 1901.
3) C. A. Skinner, Phil. Mag. (6), 2, 616, 1901.

1) W. Hittorf, Wied. Ann. 21, 129, 1884.

eine jede Gerade die Beziehung zwischen Kathodenfall in Volt und der Stromstärke in Milliampère dar. Sie zeigen, dass bei konstantem Druck der Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke ist. Mit abnehmendem Drucke nimmt die Neigung jener Geraden zur Abscissenachse zu. Die Gerade scheint von einer horizontalen Lage bei hohem Gasdruck auszugehen, und bei dessen andauernder Abnahme dreht sie

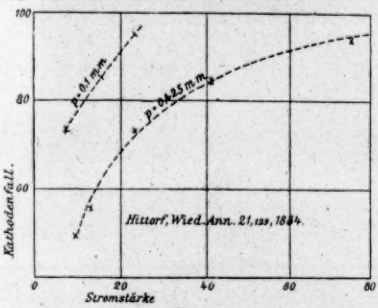


Fig. 1.

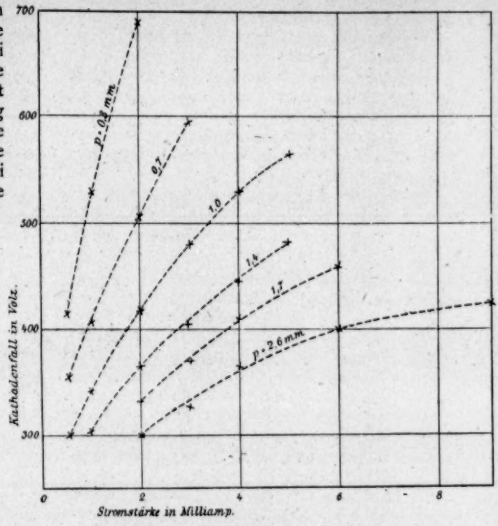


Fig. 2.

sich langsam um einen festen Punkt in dem zweiten Quadranten als Centrum gegen eine vertikale Stellung."

Nach meinem Dafürhalten hat Skinner seinen Messungen in der graphischen Interpolation Gewalt angethan. In Wirklichkeit liegen seine Punkte auf gekrümmten, nicht auf geraden Linien. Damit verliert auch die willkürliche Extrapolation auf einen gemeinsamen Schnittpunkt ihre Berechtigung. Eine ungezwungene graphische Interpolation, wie sie Fig. 2 zeigt, lässt die Krümmung der K, i-Kurven erkennen; als unsicher weggelassen sind in den drei unteren Kurven die unterhalb 300 Volt liegenden Werte; in der Kurve für $p = 0{,}3$ mm fehlt $K = 860$ für $i = 3$. Hätte Skinner seine Messungen auf noch grössere Stromstärken ausgedehnt, so wäre die Krümmung seiner K,i-Kurven noch unverkennbarer hervorgetreten, und es hätte ihm nicht entgehen können, dass der Kathodenfall nicht eine lineare Funktion der Stromstärke ist.

Göttingen, 23. Februar 1902.

(Eingegangen 25. Februar 1902.)

Einige vorläufige Versuche über die Bewegung von Ionen im veränderlichen Magnetfelde.

Von Bergen Davis.

Die Anregung zu den im folgenden beschriebenen Versuchen fand ich in den negativen Ergebnissen V. Crémieus bei seinen Bemühungen, in einem veränderlichen Magnetfelde eine Einwirkung auf statische Ladungen nachzuweisen.[1]) Die Anordnung dieser Crémieuschen Versuche kann kurz charakterisiert werden durch die Angabe, dass im Felde eines stark erregten Elektromagneten eine auf hohes Potential geladene Scheibe aufgehangen war. Wenn dann der Strom unterbrochen wurde, sollte auf die Scheibe eine der Maxwellschen Gleichung

$$1) \qquad curl\ \varepsilon = -\frac{1}{e}\frac{dH}{dt}$$

entsprechende Kraft einwirken.

Nun ist die Elektrizitätsmenge, die ein Körper von beträchtlichen Dimensionen tragen kann, verhältnismässig klein, so dass bei Crémieus Versuch $\frac{e}{m}$ eine kleine Grösse war.

Ich kam deshalb auf den Gedanken, die negativ geladenen Ionen eines ionisierten Gases als Träger der statischen Ladung zu benutzen; bei Ionen ist ja $\frac{e}{m}$ recht gross, und zwar etwa $4 \cdot 10^{17}$ E. S. Ein Ion muss sich, infolge seiner hohen Ladung, in einem veränderlichen Felde von mässiger Stärke mit beträchtlicher Geschwindigkeit bewegen. Um nun den theoretischen Betrag einer derartigen Ionenbewegung

1) Crémieu, Annales de Chimie et de Physique, 7. série, tome 24.

in einem solchen Felde zu zeigen, will ich einen einfachen Fall annehmen:

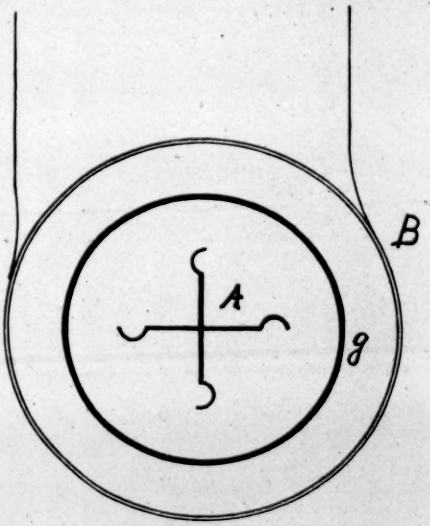
Ein cylindrisches Gefäss sei innerhalb einer Spule von nur wenig Windungen angebracht, durch welche ein oszillierender Strom von hoher Frequenz geht. Angenommen, es sei ein vollständiges Vakuum hergestellt, und es sei nur ein einziges negatives Ion vorhanden, das anfänglich sich in einer Entfernung r vom Mittelpunkt der Spule in Ruhe befindet.

Auf das Ion wird dann eine Kraft einwirken, deren Richtung im Kreisbogen mit dem Radius r um den magnetischen Mittelpunkt der Spule liegt. Wenn man nun die Centrifugalkraft und die Veränderung, die die anscheinende Masse infolge der Bewegung erfährt, vernachlässigt, wenn schliesslich die Maximalstärke des Feldes an der Stelle des Ions 100 c. G. S.-Einheiten beträgt und die Frequenz gleich 10^6 ist, kann man zeigen, dass das Ion eine harmonische oszillierende Bewegung auf kreisförmiger Bahn um den Mittelpunkt ausführen würde, mit einer Maximalverrückung gleich 20 cm von der Ruhelage und einer Maximalgeschwindigkeit von $13 . 10^7$ cm pro Sekunde.

Da es für den Zweck des Versuches wünschenswert ist, Ionen im Überfluss zu haben und über ein schnell wechselndes Magnetfeld zu verfügen, habe ich die bekannte elektrodenlose Entladung im oszillierenden Tesla-Feld benutzt, da bei dieser Entladungsform das Gas stark ionisiert und die Frequenz des Feldes hoch ist. Im vorliegenden Falle ist natürlich die Amplitude vielmal kleiner als die oben berechnete. Wahrscheinlich bewegen sich die Ionen nur über eine kurze Strecke und werden dann durch den Zusammenprall mit den Molekülen aufgehalten; durch den Zusammenprall erzeugen sie dann zahlreiche andere Ionen, welche ihrerseits durch Aufprall noch andere erzeugen, so dass die Wirkung immer stärker wird und schliesslich ein starker Strom, die Ringentladung, hervorgebracht wird.

Um nun durch den Versuch darzuthun, dass eine derartige Bewegung wirklich vorhanden ist, habe ich ein Miniatur-Anemometer angewandt, von der Art derer, mit deren Hilfe ich die oszillierende Bewegung der Luft in stehenden Schallwellen gezeigt habe.[1]) Das Anemometer ist insofern zweckentsprechend, als es immer nur in einer Richtung rotiert, gleichviel in welcher Richtung die Teilchen auf dasselbe einwirken, so dass eine oszillierende Bewegung der Ionen eine Rotation erzeugen muss, vorausgesetzt, dass ihre Schwingungsamplitude mindestens gleich dem Radius der Schalen ist.

Die Anordnung war folgende: Vier grosse Leydener 20-Liter-Flaschen waren zu je zweien parallel geschaltet; die inneren Belegungen beider Paare wurden mit der Funkenstrecke, die äusseren Belegungen mit Spule B verbunden. Im Inneren dieser Spule, die aus 18 Windungen starken Drahtes bestand, war ein cylindrisches Glasgefäss g angebracht, das $5\,^1/_2$ cm im Durchmesser hatte. Dieses Gefäss stand fortdauernd mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung. Ein Miniatur-Anemometer, ganz aus Glas, war auf einer Nadelspitze angebracht, so dass es recht ungehindert rotieren konnte. Dieses Anemometer mass $3\,^1/_2$ cm im Durchmesser, die Schalen, welche halbe Cylinder waren, hatten je 2 cm Länge und 6 mm Durchmesser. Zwischen



Spule und Gefäss war ein Faradayscher Schirm angebracht, der in der Weise hergestellt worden war, dass schmale Streifen Zinnfolie parallel zur Spule auf einem Glascylinder befestigt wurden. Es zeigte sich, dass diese Anordnung das Gefäss recht gut gegen äussere elektrostatische Einflüsse schützte. Die Flaschen wurden mit einem grossen Induktorium geladen, welches von einem Wechselstrom mit 40 vollständigen Perioden pro Sekunde betrieben wurde. Die Länge der Funkenstrecke betrug 11 mm.

Wenn die nötige Luftverdünnung erreicht war, kam beim Übergang der Funken die weisse Ringentladung zum Vorschein, und das Anemometer rotierte in der Richtung der konvexen Seite der Schalen.

Im folgenden gebe ich die Versuche wieder: Die Worte „Vorwärts-Rotation" bedeuten Rota-

1) Amer. Jour. Sc. — Febr. 1902.

tion in der Richtung der konvexen Seite der Schalen.

1. Druck 3,6 cm. Quecksilber: Schwacher roter Lichtschein im Gefäss; Anemometer rotiert nicht; Gefäss kalt.

2. Druck 1,1 mm: Der rote Lichtschein ist tiefer und stärker; das Anemometer rotiert nicht; Gefäss kalt.

3. Druck 0,64 mm: Die weisse Ringentladung erscheint; Anemometer rotiert vorwärts, etwa 2 Umdrehungen pro Sekunde; das Gefäss wird recht heiss.

4. Druck 0,17 mm: Das Anemometer rotiert vorwärts, doch nicht so schnell wie bei Versuch 3; nach Unterbrechung des Teslastromes rotiert das Anemometer rückwärts; wenn man den Strom eine Zeit lang gehen lässt, besonders wenn das Gefäss fest in Papier eingehüllt ist, um die Wärme festzuhalten, werden die Gefässwände fast ebenso heiss wie die Flügel des Anemometers, und dieses rotiert nur langsam, und zwar rückwärts.

5. Druck 0,058 mm: Unmittelbar nach dem Auftreten der weissen elektrodenlosen Entladung rotiert das Anemometer rückwärts. Wenn man das Gefäss in Papier oder Filz hüllt, um die Wärme festzuhalten, ist folgendes zu beobachten: Wenn der Strom geschlossen wird, rotiert das Anemometer zunächst rückwärts, nach kurzer Zeit dreht es sich langsamer, hält still, und fängt an, vorwärts zu rotieren. Dies kann jedoch nur kurze Zeit hindurch fortgesetzt werden, da die Temperatur so hoch steigt, dass das Anemometer gefährdet wird.

6. Druck 0,024 mm: Das Anemometer rotiert zunächst rückwärts; wenn man das Gefäss jedoch mit einem Wärmenichtleiter einhüllt, rotiert es wie bei Versuch 5 vorwärts.

7. Druck 0,0017 mm: Die elektrodenlose Entladung trat nicht auf und das Anemometer rotierte nicht; Gefäss blieb kalt.

8. Bei Versuch 1 bis 7 war die Entfernung zwischen der Aussenkante der Anemometerschalen und den Gefässwänden etwa 1 cm. Es kam auch ein anderes Gefäss zur Anwendung, bei dem die Schalen den Wänden viel näher kamen. In diesem Falle war die Rückwärtsrotation unter allen Umständen viel stärker. Der Anfangsdruck, bei dem die Rückwärtsrotation auftrat, war weit höher als bei den Versuchen 4 bis 7.

9. Bei diesem Versuch enthielt das Gefäss eine kleine Mühle, die ganz ähnlich konstruiert war wie das Anemometer, nur dass sie flache Flügel hatte.

Dieselbe kam bei keinem Grade der Luftverdünnung in Rotation, auch nicht bei der stärksten Entladung, die zu erzielen war.

10. Ein viel grösseres Gefäss kam bei diesem Versuch zur Anwendung. Dasselbe mass 12 cm im Durchmesser, während das Anemometer nur 3 cm im Durchmesser hatte. Die Rotationsgeschwindigkeit war überraschend gross und erreichte 40 Umdrehungen per Sekunde. Bei keinerlei Verdünnung rotierte das Anemometer rückwärts. Dieser Umstand zeigt, dass bei dieser grossen Entfernung ($4\frac{1}{2}$ cm) zwischen Flügeln und Gefässwand keine Radiometerwirkung auftritt.

Es ist vielleicht wünschenswert zu erwähnen, dass ich auch ein Gefäss konstruiert habe, das zwei Anemometer übereinander enthielt, deren konvexe Seiten nach entgegengesetzten Richtungen gingen. Bei geeigneter Verdünnung rotierten dieselben auch in entgegengesetzter Richtung und drehten sich beide nach der konvexen Seite ihrer Schalen hin.

Die Rückwärtsrotation scheint auf Rechnung des Wärmeaustausches zwischen der konvexen Seite der Schalen und den Gefässwänden zu kommen, und zwar aus folgenden Gründen: 1. Bei Versuch 4 wirkt auf das Anemometer eine rückwärtstreibende Kraft ein, die noch eine Zeit lang nach Unterbrechung des Stromes anhält. Diese Kraft ist viel kleiner, wenn Schalen und Gefäss nahezu dieselbe Temperatur erreicht haben. 2. Bei Versuch 5 und 6 erzielt man die rückläufige Rotation nur dann, wenn zwischen Schalen und Wänden ein Wärmeaustausch stattfindet. Die Wirkung des Einhüllens des Gefässes mit einem Nichtleiter der Wärme besteht darin, dass die Innenfläche der Wände nahezu ebenso heiss wird wie die Flügel des Anemometers. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, verschwindet die rückläufige Kraft fast vollständig, und die vorwärts wirkende Kraft, die von der Ionenbewegung herrührt, erhält das Übergewicht. Auch der Umstand, dass die rückläufige Kraft mit wachsendem Vakuum stärker wird, spricht dafür, dass sie eine reine Radiometerwirkung darstellt.

Bei Versuch 3 und 4 ist der Abstand zwischen Schalen und Wänden wahrscheinlich grösser als die mittlere freie Weglänge der Moleküle, der Radiometereffekt ist demgemäss auch gering. Bei Versuch 8 hingegen ist die Radiometerwirkung stärker und tritt auch bei höherem Drucke auf, da die Schalen den Wänden näher kommen und die für eine Radiometerwirkung nötige mittlere freie Weglänge kürzer ist.

Wir können das Molekül, von dem das negative Ion sich losgelöst hat, als den Träger einer positiven Ladung ansehen, der also auch von dem wechselnden Magnetfeld eine Einwirkung erfahren wird. Seine Geschwindigkeit und Amplitude sind jedoch viel kleiner als bei dem negativen Ion. Die Amplituden sind umgekehrt proportional den Quadratwurzeln ihrer Massen, da die Energie in beiden Fällen gleich ist. Wenn ihre Amplituden von derselben Grössen-

ordnung sind wie der Schalenradius, wirken auch die positiven Ionen auf das Anemometer ein.

Es sind also zwei entgegengesetzte Kräfte vorhanden, die beide auf das Anemometer einwirken, die eine rührt von der Ionenbewegung her und die andere von dem Wärmetransport, der vom Centrum ausgeht. Die Rotationsrichtung hängt davon ab, welche von den beiden Kräften im Überschuss ist. Bisher habe ich keinerlei Versuche gemacht, quantitative Messungen vorzunehmen, obwohl derartige Messungen wahrscheinlich mit einer Torsionsaufhängung des Anemometers unter Anwendung eines Gefässes von der Grösse des bei Versuch 10 beschriebenen möglich wären.

Ich hoffe, binnen kurzem eine etwaige Potentialdifferenz zwischen Wand und Centrum des Gefässes zu untersuchen und ebenso die Bewegung von Kathodenstrahlen im Teslafeld einer Untersuchung zu unterziehen.

Abgesehen davon, dass diese Versuche eine direkte Bestätigung der Maxwellschen Gleichung liefern, dürften sie von einigem Interesse sein infolge ihrer Bedeutung für die Elektrontheorie der Elektrizität.

Die elektrodenlose Entladung besteht in einem schnell alternierenden elektrischen Strom, ähnlich wie der, der auftreten würde, wenn man einen Metallring innerhalb der Spule anbrächte. Es scheint also, dass ein derartiger Strom zum mindesten von Ionenbewegung begleitet wird, selbst wenn der Strom selbst nicht von derartiger Bewegung dargestellt wird.

Göttingen, 17. Februar 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 17. Februar 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

H. Th. Simon (Frankfurt a/M.) und M. Reich (Frankfurt a/M.), Tönende Flammen und Flammentelephonie. Vorgetragen von H. Th. Simon.[1])

Das Gebiet der tönenden Flammen, über dessen gegenwärtigen Stand Dr. Reich und ich Ihnen auf Wunsch der Abteilungsleitung Bericht erstatten, stützt sich auf die von mir im Jahre 1898 am Flammenbogen gefundene Thatsache[2]), dass Stromoszillationen in einem mit der Atmosphäre kommunizierenden gasförmigen Leiter momentane und nahezu proportionale Volumänderungen des stromdurchflossenen Gases verursachen. —

Lagert man z. B. Mikrophonströme über einen Gleichstromflammenbogen, so giebt derselbe laut und deutlich alles wieder, was man in das Mikrophon hineinspricht. Das bekannte Brummen eines Wechselstromflammenbogens ist ein Spezialfall dieses Erscheinungsgebietes. —

Dass auch jedes andere leitende Gas, z. B. die Flamme eines Bunsenbrenners, auf geeignete periodische Stromdurchgänge mit analogen, wenn auch wesentlich schwächeren Schallwirkungen reagiert, ist Herrn Ruhmer[3]), im Gegensatz zu meinen früheren vergeblichen Versuchen[4]), zu zeigen gelungen.

Wegen der überraschend intensiven und deutlichen Lautwirkung, die sich nach diesem Prinzip am elektrischen Flammenbogen erzielen lässt, eine Wirkung, die denselben zu einem lautsprechenden Telephon bester Art macht, haben namentlich die Versuche mit der „sprechenden Bogenlampe" Interesse erregt. Wir führen dieselben der Vollständigkeit halber vor, und bitten um Entschuldigung, wenn wir damit vielen von Ihnen etwas Bekanntes bieten.

Man kann mancherlei Wege einschlagen, um die Mikrophonströme dem Flammenbogen überzulagern:

a) die Schaltung, mit der ich meine ersten Versuche machte. (Fig. 1.)[1])
b) die Schaltung des Herrn E. Ruhmer. (Fig. 2.)[2])
c) die Schaltung des Herrn W. Duddell. (Fig. 3.)[3])
d) die unter Verwendung des Duddellschen Kunstgriffes modifizierte Schaltung a). (Fig. 4.)
e) eine Art von Kombination der Schaltungen b) und c). (Fig. 5.)
f) die Abzweigung des Mikrophonkreises über einem Teile des Lampenkreises, der geeigneten Ohmschen und induktiven Widerstand enthält. (Fig. 6.)[4]) Auch diese Schaltung kann mit und ohne Duddellschen Kunstgriff verwendet werden, wie a).

1) Abteilung 3, 24. Septbr. 1901.
2) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.
3) E. Ruhmer, diese Zeitschr. **2**, 325, 1901.
4) H. Th. Simon, l. c. S. 238.

1) H. Th. Simon, l. c.
2) E. Ruhmer, Der Mechaniker **8**, 279, 1900.
3) W. Duddell, The Electrician No. 8 u. 9, Dez. 1900; Ein ausführliches Referat steht diese Zeitschr. **2**, 425 und 440, 1901.
4) Schaltung e) und f) sind zuerst von uns angewendet und in einer Sitzung des Elektrotechnischen Vereins zu Frankfurt a. M. am 23. Febr. 1901 demonstriert worden.

Grundsätzlich lassen sich alle diese Schaltungen in zwei Gruppen ordnen: Gruppe I charakterisiert durch induktive Übertragung der Wechselströme eines besonderen Mikrophonkreises auf den Hauptkreis, Gruppe II charakterisiert dadurch, dass der Mikrophonkreis einen Zweig des Lampenstromkreises bildet. Bei der letzten Gruppe ist also keine besondere Mikrophonbatterie notwendig. Ausser diesem praktischen Vorteil der II. Gruppe erhellt ohne weiteres, dass dieselbe auch in Hinsicht der Ökonomie und Deutlichkeit der Übertragung von vornherein günstiger gestellt ist, wie die erste.

Denn, wie jedem Telephonelektriker bekannt ist, und wie ich s. Z. für den vorliegenden Fall ausführlich diskutiert habe[1]), sind bei der induktiven Übertragung von Mikrophonströmen Ökonomie und Klangreinheit zwei Bedingungen, die sich gegenseitig begrenzen. Immerhin lassen sich, wie unsere Versuche ergeben, auch auf dem ersten Wege Wirkungen erzielen, die sich dem groben Urteile des Ohres nach von denen der II. Gruppe nicht unterscheiden.

Technisch am einfachsten ist die Schaltung f), die wir eben bei der sprechenden Lampe verwendet haben. Bei Verwendung von

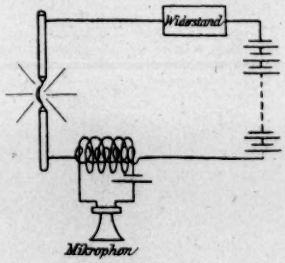


Fig. 1.

selbstregulierendem Hauptschluss- oder Differentiallampen gestattet sie denkbar einfachsten Anschluss, indem man den Mikrophonkreis, der zweckmässig einen Regulierwiderstand enthält, einfach der Hauptstromregulierspule parallel abzweigt.

Praktisches Interesse hat es vielleicht, dass es uns gelungen ist, durch die folgende Schaltung Mikrophonströme derart auf den Feldmagneten einer Gleichstromdynamo zu übertragen, dass das ganze Netz die entsprechenden Schwankungen mitmacht, und sämtliche angeschlossenen Bogenlampen das wiedergeben, was man in das Feldmagnetmikrophon hineingiebt. (Vergl. Fig. 7.)

Der Kunstgriff des Herrn Duddell, Selbstinduktion im Stromkreise durch Kapazität zu überbrücken, um damit den Mikrophonströmen leicht gangbare Wege über den Flammenbogen zu sichern, bietet einen Vorteil naturgemäss nur dann, wenn der Stromkreis induktive Widerstände enthält. Das ist in hohem Masse immer der Fall, wenn man an eine Dynamomaschine angeschlossen ist. In diesem Falle kommt man in der That ohne Überbrückung der Maschine durch eine genügend grosse Kapazität nicht zu befriedigenden Wirkungen. Bei Akkumulatorenbetrieb dagegen ist der Kunstgriff völlig überflüssig.

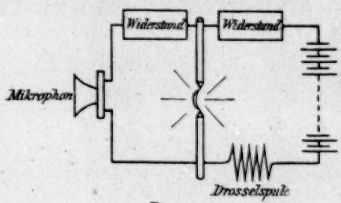


Fig. 2.

Sehr viel wichtiger zur Erzielung grosser Lautstärke ist die Flammenbogenlänge, worauf ich bereits bei meinen ersten Versuchen aufmerksam gemacht habe.[1]) Herr Duddell hat hier das Verdienst, zum ersten Male Flammenbogen bis zu 10 cm Länge angewendet zu haben, mit denen man zu überraschend lauten Wirkungen gelangt. Man erzielt einen so langen Lichtbogen leicht durch gesteigerte Betriebsspannung (bis 200 Volt) zwischen salzgetränkten Dochtkohlen.

Als Ursache der beschriebenen Volumoszillationen eines Gases habe ich früher durch die übergelagerten Stromschwankungen hervorgerufene Temperaturschwankungen angesehen.[2]) Da man nach den Messungen am Flammenbogen

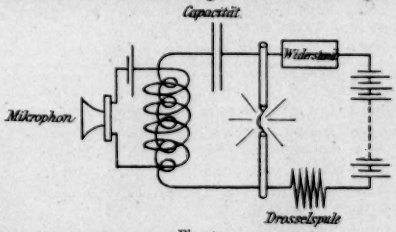


Fig. 3.

den Spannungsabfall auf ihm durch einen Ausdruck $E = a + bi$ angenähert darstellen kann, so müsste im Sinne obiger Erklärung die Konstante b den Ohmschen Widerstand bedeuten,

1) H. Th. Simon, diese Zeitschr. **2**, 253, 1901.

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.
2) H. Th. Simon, l. c.

dessen Wert also die Grösse der akustischen Wirkung unter sonst gleichen Umständen bestimmte. Ändert sich i um di, so würde die Änderung der entwickelten Jouleschen Wärme $2\,bi\,di$ betragen, d. h. die Wirkung wäre der ursprünglichen Stromstärke proportional.[1]) Das ist nach unseren bisherigen Beobachtungen annähernd, aber sicher nicht streng erfüllt. Ferner müsste man unter sonst gleichen Umständen bei einem Flammenbogen zwischen verschiedenartigen Materialien eine um so lautere Wirkung

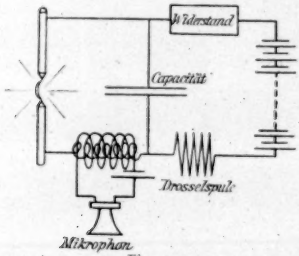


Fig. 4.

erhalten, je grösser seine Konstante b ist. Nach Messungen von Peuckert u. a. hat die Konstante b für Kadmiumelektroden den grösseren Wert. Für Kadmiumelektroden wäre daher die beste Wirkung zu erwarten. Unsere Versuche haben diese Folgerung nicht bestätigt. Thatsächlich kann ja die obengenannte Erklärung nur den Anspruch einer ersten Annäherung machen, gerade wie jene Gleichung für die Abhängigkeit von Strom und Spannung am Flammenbogen.

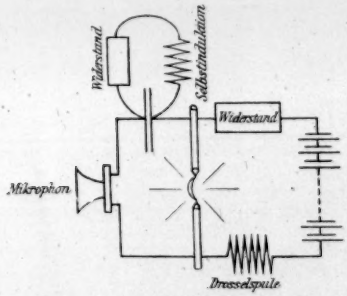


Fig. 5.

Will man zu einer weitergehenden theoretischen Deutung der vorliegenden akustischen Phänomene gelangen, so wird man in das viel umstrittene Gebiet der Gasentladungen geführt. Ein Flammenbogen ist eine der einfachsten Formen, in denen sich eine solche Entladung vollzieht, jedenfalls die einfachste von denjenigen, die sich in freier Kommunikation mit der Atmosphäre, man könnte sagen, unter konstantem Drucke, abspielen; im Gegensatz zu der anderen Gruppe, die in abgeschlossenen Räumen (Entladungsröhren, d. h. bei konstantem Volumen) beobachtet werden.

Für die Deutung der akustischen Flammenbogenvorgänge wird sich aus den modernen und so fruchtbaren Gasleitungsanschauungen manches gewinnen lassen; wie umgekehrt die akustischen Vorgänge, als der Ausdruck der Änderung einer wichtigen Zustandsgrösse dieser Entladungsform, des Volumens, für die Ionenleitungshypothese manchen Wink beibringen werden. Indessen muss noch viele Arbeit hier wie dort gethan werden, ehe man mehr als Spekulationen oder qualitative Andeutungen geben kann. Denn gerade für die hier einschlägigen Verhältnisse fehlt das Versuchsmaterial noch vollständig und muss zunächst herbeigeschafft werden. Während man z. B. die

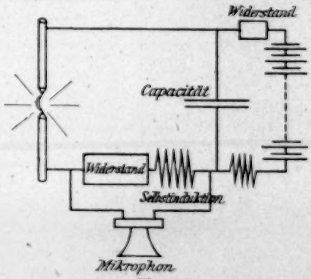


Fig. 6.

gegenseitige Abhängigkeit von Strom, Spannung, Bogenlänge, Elektrodenmaterial u. s. w. für praktische Zwecke ziemlich weitgehend untersucht hat, ist die für uns in Betracht kommende Zustandsgrösse, das Volumen, bisher durchaus ausser acht gelassen. Wir wissen noch nicht, wie das Flammenbogenvolumen v von dem Werte der Stromstärke abhängt. Unsere Versuche mit dem sprechenden Flammenbogen gestatten — wir sind dabei, eine exakte Messmethode dafür auszuarbeiten — durch Messung der akustischen Wirkung, die ein übergelagerter Sinusstrom von gemessener Stärke im Flammenbogen bewirkt, für die verschiedensten Verhältnisse des Flammenbogens das $\frac{\Delta v}{\Delta i}$ zu vergleichen. Daraus wird sich die Abhängigkeit des Volumens vom Strome, bezw. der E. M. K., wenigstens relativ ermitteln lassen, während gleichzeitig die praktische Frage ihre Erledigung findet, unter welchen Bedingungen des Flammenbogens und mit

1) F. Braun, Wied. Ann. **65**, 358, 1898.

welcher Schaltung die lauteste Wirkung zu erzielen ist. Die lauteste Wirkung muss sich dann zeigen, wenn $\frac{\Delta v}{\Delta i}$ am grössten ist. Leider sind die praktischen Schwierigkeiten dieser Versuche keine geringen, und wir können an Resultaten einstweilen nur das vorlegen, dass die Wirkung stets im Momente des Abreissens des Flammenbogens am lautesten ist.

Ich komme jetzt zu dem umgekehrten Phänomen, dass Druckwellen, die über einen Flammenbogen hinziehen, analoge Intensitätsschwankungen seiner Stromstärke bewirken, die sich gegebenen Falles nach ähnlichen Methoden, wie

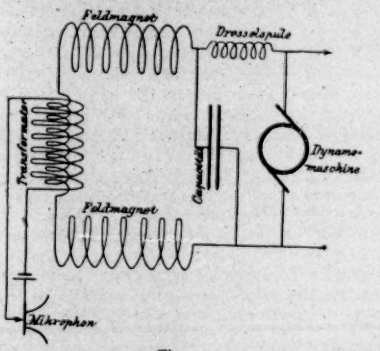


Fig. 7.

beim sprechenden Flammenbogen, in Schallwellen verwandeln lassen.[1]) Man hat dieses Phänomen treffend den „lauschenden Flammenbogen" genannt. Unter Verwendung geeigneter Mittel lässt sich auch diese Wirkung so laut gestalten, dass man sie an einem guten lautsprechenden Telephone objektiv demonstrieren kann, z. B. nach Schaltung Fig. 8. Wir konzentrieren dazu die Schallwellen durch einen geeigneten Blechtrichter auf das glühende Gasvolumen.

Es liegt auf der Hand, dass weiterhin zwei hintereinander geschaltete Flammenbogen ein vollständiges telephonisches Wechselgespräch gestatten werden, indem der eine alles wiedergiebt, was man gegen den anderen spricht. Auch diese Erscheinung lässt sich so gestalten, dass sie in bescheidener Weise objektiv demonstriert werden kann. Der Geberflammenbogen ist dann 5 bis 8 mm lang zu machen, der Sendebogen dagegen bis 5 cm. Die Schallwellen werden wieder mit einem Schalltrichter auf ersteren konzentriert.

Ein sehr interessanter Abkömmling des sprechenden Flammenbogens ist der von Herrn W. Duddell[1]) gefundene selbsttönende Flammenbogen, den wir Ihnen jetzt zeigen möchten. Herr Duddell legt einem Gleichstromflammenbogen zwischen Homogenkohlen parallel einen Stromzweig von kleinem Widerstande, der eine Selbstinduktion und nicht zu kleine Kapazität enthält. Unter geeigneten Betriebsbedingungen des Flammenbogens fängt derselbe dann an, mit einem reinen und lauten Tone zu tönen, dessen Tonhöhe allein von der Grösse der Selbstinduktion L und Kapazität C abhängt. Und zwar findet sich die bekannte, für ein schwingendes elektrisches System gültige Abhängigkeit $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ auch hier bestätigt. Der die Kapazität enthaltende Stromzweig wird dabei von reinen

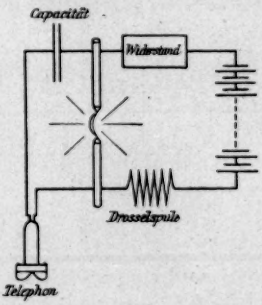


Fig. 8.

Sinusströmen von beträchtlicher Stromstärke durchflossen, deren Schwingungszahl sich leicht bis zur Grenze der Hörbarkeit steigern lässt.

Zunächst beansprucht dieser Versuch ein hervorragendes praktisches Interesse. Die wissenschaftliche und praktische Bearbeitung des Gebietes der elektrischen Schwingungen ist bei der Erzeugung dieser Schwingungen bisher ausschliesslich auf dem von Feddersen-Hertz vorgezeichneten Wege vorgegangen: Man ladet ein aus Selbstinduktion und Kapazität bestehendes System zu einem möglichst hohen Potential, bis an der eingeschalteten Funkenstrecke die bekannte, durch die Differentialgleichung der gedämpften Schwingung beschriebene, stark gedämpfte oszillatorische Entladung übergeht. Ungedämpfte Schwingungen von der nötigen Frequenz dauernd zu erzeugen, ist dagegen noch nicht gelungen. Um hier eine treffende Analogie aus der Akustik herauszuziehen, die Herr M. Wien[2]) anführt: Man konnte

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.

1) W. Duddell, The Electrician No. 8 u. 9. Dez. 1900; Vergl. das Referat dieser Zeitschr. **2**, 425, 1901.

2) M. Wien, Ann. der Physik **4**, 425, 1901.

in elektrischer Hinsicht das leisten, was ein alle 24 Stunden geöffnetes Thermometerfutteral akustisch repräsentiert. Welcher Fortschritt darin läge, das akustische Phänomen eines dauernden Tones, z. B. einer angeblasenen Orgelpfeife, elektrisch nachzubilden, darauf brauche ich nicht weiter hinzuweisen. Es hat denn auch nicht an Versuchen in dieser Hinsicht gefehlt: Tesla suchte durch Wechselstrommaschinen hoher Frequenz zum Ziele zu kommen, M. Wien[1]) hat mit seiner Wechselstromsirene unter Verwertung von Resonanzwirkungen abgestimmter Schwingungssysteme eine Sinusschwingung bis zur Frequenz 17000 in der Sekunde erzielt. Indessen scheint damit die Höchstgrenze des auf diesem Wege Erreichbaren erreicht zu sein.

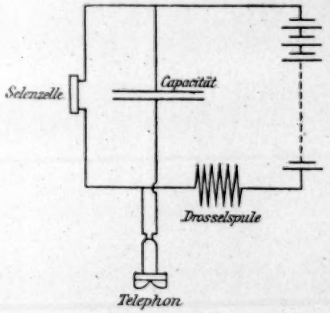


Fig. 9.

Hier setzt nun der schöne Duddellsche Versuch ein. Wir haben in ihm thatsächlich eine vollständige elektrische Analogie zu der angeblasenen Orgelpfeife oder vielleicht noch besser der chemischen Harmonika, überhaupt zu jedem der zahlreichen Fälle der Mechanik, bei denen ein aus Trägheit und Elastizität bestehendes, also schwingungsfähiges System durch eine gleichförmige Strömung zu dauernden Schwingungen angeregt wird. Dass wir bei ihm Schwingungen bis zu 30000 und 40000 schon jetzt erreichen, habe ich erwähnt. Es ist dadurch schon jetzt zu einer Reihe von schönen und typischen Hochfrequenzversuchen geeignet, worüber ausser Herrn Duddell Herr Peuckert[2]) berichtet hat. Ferner wird er sich vermutlich zu sehr bequemen Methoden verarbeiten lassen, Selbstinduktionskoeffizienten und Kapazitäten zu messen. Viel höher aber möchte ich seine prinzipielle Bedeutung für das eben erwähnte Problem stellen. Seine theoretische Durcharbeitung scheint nämlich den Weg zu zeigen, zu einer vollständigen Lösung jenes wichtigen Problems vorzudringen. Folgende Bemerkungen sollen illustrieren, wie wir uns das denken.

Die Theorie, die Herr Duddell von seiner Erscheinung entwickelt, geht von der Frage aus: Welche Bedingung muss der Flammenbogen erfüllen, damit der Gleichstrom des Hauptkreises den bei jeder Schwingung des Zweigkreises auftretenden Verlust an Energie automatisch und zur rechten Zeit ersetzt. Seine Entwickelung zeigt, dass dazu $\frac{dE}{d\mathfrak{J}}$ für den Flammenbogen kleiner als 1 und dem absoluten Betrage nach grösser als der Widerstand des schwingenden Systems sein muss. Thatsächlich hat der Flammenbogen in manchen Verhältnissen die erste Eigenschaft, die zweite lässt sich realisieren, wenn man im schwingenden Systeme sehr kleine Widerstände verwendet.

Zu demselben Resultate führen die viel allgemeineren Rechnungen, die Herr W. Kaufmann[1]) im Verfolge seiner schönen und klassischen elektrodynamischen Theorie der Gasentladungen angestellt hat. Das Ergebnis der Kaufmannschen Untersuchungen ist, dass die verschiedenen Formen, in denen sich die Entladung der Elektrizität durch Gase vollzieht, sich einheitlich aus ihrem elektrodynamischen Verhalten erklären. Dieses elektrodynamische Verhalten wird definiert durch die sogenannte Charakteristik der Gasstrecke, d. h. die Kurve, welche den Spannungsabfall als Funktion der Stromstärke darstellt. Während nun für gewöhnliche Leiter diese Charakteristik eine steigende ist, haben die Gase (und wie Kaufmann[2]) zeigt, auch der Nernstsche Glühkörper) eine Charakteristik, die erst steigt, dann aber fällt; d. h. es wird bei ihnen $\frac{dE}{d\mathfrak{J}}$ mit wachsendem Strome schliesslich negativ. Nur wenn sich eine Gasstrecke in diesem Aste der Charakteristik befindet, ist sie imstande, in einem parallel geschalteten Systeme aus Selbstinduktion und Kapazität oszillatorische Ströme stabil zu unterhalten. Der Nernstkörper zeigt, wie ein Kaufmannscher Versuch beweist, wegen seiner analogen Charakteristik thatsächlich auch das analoge Verhalten wie eine Gasstrecke; er vermag unter geeigneten Bedingungen solche Oszillationen zu unterhalten. Leider ist seine scheinbare Selbstinduktion (Erwärmungsträgheit) so gross, dass diese Schwingungen sehr grosse Schwingungsdauer haben und nur unter praktisch schwierigen Versuchsbedingungen zu erhalten sind.

Stellt sich demnach der Duddellsche Versuch rein elektrisch betrachtet als ein Spezialfall einer allgemeinen Erscheinung dar, welche immer auftreten

1) l. c.
2) Peuckert, E. T. Z., **22**, 467, 1901.

1) W. Kaufmann, Ann. d. Physik, **2**, 158, 1900.
2) W. Kaufmann, Nachr. der K. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen 1901.

muss, wenn wir einem Leiter mit analoger Charakteristik ein geeignetes elektrisches System aus Selbstinduktion und Kapazität parallel schalten, so werden wir durch dieses Ergebnis zu der Frage gedrängt, ob wir nicht andere, besser geeignete Leiter mit solcher Charakteristik finden könnten, die also die elektrische Lösung des Orgelpfeifenproblems noch vollkommener gestatten würden. Wir haben nach dieser Richtung vorläufige Versuche und Rechnungen angestellt, über die wir Einiges mitteilen möchten, obwohl sie noch wenig Positives ergeben haben.

Ganz allgemein können wir einen Leiter von der gewünschten Charakteristik immer dann erzeugen, wenn die Leitfähigkeit selbst mit der Stromstärke zunimmt, vorausgesetzt, dass das in genügendem Grade geschieht und vor allem genügenden Bereich umfasst.

Am einfachsten kommen wir mechanisch zum Ziele: die Membrane eines mikrophonischen Leiters wird durch den ihm zugeführten Strom selbst so bethätigt, dass der Kontakt um so inniger wird, je grösser der Strom ist. Ein solcher Leiter hat thatsächlich die verlangte Charakteristik und liefert auch das entsprechende Phänomen, wie unsere Versuche zeigten: man erhält in einem parallelen Systeme aus Selbstinduktion L und Kapazität C Oszillationen, die von L und C abhängig sind, bei denen aber das scheinbare L der Membrane (Trägheit) viel zu gross ist, als dass die elektrische Trägheit über die Eigenschwingungen derselben Herr würde.

Ebensowenig wie diese mechanische Lösung dürfte die folgende das Ziel erreichen lassen, ob wohl sie nach der Überschlagsrechnung prinzipiell unsere Erscheinung liefert: Die Erwärmung eines Elektrolyten beim Stromdurchgang kann an einer Stromeinschnürung so schnell steigen, dass durch die proportionale Zunahme der Leitfähigkeit eine Charakteristik der gewünschten Art auftritt. Die bekannten schönen Untersuchungen von Richarz[1]) und Richarz und Ziegler[2]) über den Widerstand elektrischer Zellen mit sehr kleinen Elektroden haben das besondere Verhalten solcher Zellen quantitativ in dem erwähnten Sinne erklären können. Der Wehneltunterbrecher und seine weibliche Abart, der Lochunterbrecher, beruhen ja bekanntlich gerade auf dieser lokalisierten Stromwärme, die bei ihnen bis zur Verdampfung des Elektrolyten getrieben wird. Unser, an der Hand der Richarzschen Messungen angestellter Überschlag zeigt, dass eine kleine Platinelektrode in verdünnter Schwefelsäure, wie sie Richarz verwandte, thatächlich eine Charakteristik der gewünschten Art besitzen dürfte. Analog muss sich eine Stromeinschnürungsstelle durch ein Diaphragma verhalten. Indes werden auch hier nur relativ langsame Schwingungen zu erwarten sein, wegen der Trägheit des Erwärmungsvorganges. Wir konnten den Versuch noch nicht durchführen, weil uns eine Anzahl dazu nötiger Hilfsmittel fehlte.

Wir dachten dann an vom Magnetfelde abhängige Vorgänge, die keine bemerkenswerte Trägheit besitzen), Widerstandsänderung des Wismuts im magnetischen Felde, oder Halleffekt. Etwa so: durch ein konstantes Hilfsfeld wird zunächst der Widerstand des Wismuts so gross als möglich gemacht. Eine in den Hauptstrom eingeschaltete Magnetspule wirkt proportional seinem Strome dem Hilfsfeld entgegen, so dass der Widerstand mit dem Strome abnimmt. Leider zeigt die Rechnung, dass bei Wismut nach dieser und ähnlichen Schaltungen nichts zu erhoffen ist. Die Widerstandsänderungen sind zu klein und erstrecken sich auf einen zu kleinen Bereich, z. B. geht der Widerstand einer Wismutspirale nur von etwa 1 auf 1,7, wenn das Feld auf 16000 cgs gesteigert wird.

Schliesslich haben wir mancherlei Versuche angestellt, durch gewisse elektrodynamische Koppelungen des Hauptstromes mit dem parallel geschalteten System zum Ziele zu kommen: es sollte durch dieselbe jede Stromänderung im Hauptkreise eine geeignete Reaktion im Nebenkreise ausüben und umgekehrt. Ein solches System wäre die vollständige Analogie zu dem Anblasemechanismus einer Orgelpfeife. Indessen kamen wir bisher trotz vieler Bemühungen zu keinem Erfolge, unseres Erachtens wohl deshalb, weil sicherlich nur quantitativ genau abgestimmte Verhältnisse zwischen den eingehenden Grössen in der gewünschten Weise funktionieren können, zu denen erst eine theoretische Durcharbeitung den Schlüssel liefern muss.

Nach alledem werden Sie mir zustimmen, wenn ich dem schönen Duddellschen Experiment eine grundlegende Bedeutung beimesse.

Damit verlassen wir das Gebiet der tönenden Flammen und kommen zu den durch die aufgeprägten Mikrophonströme gleichzeitig bewirkten Schwankungen der Lichtstärke, wir könnten sagen, zu den lichtsprechenden Flammen. Hier haben unsere Versuche zu zwei schönen und aussichtsreichen Fortschritten angeregt, der Flammentelephonie, die wir Ihnen gestern Abend im grossen Massstabe zeigen konnten, und dem Photographon des Herrn Ruhmer.

Der Gedanke, die beim sprechenden Flammenbogen naturgemäss auftretenden Strahlungs-

1) F. Richarz, Wied. Ann. **39**, 67 u. 201, 1890; **47**, 567, 1892.
2) F. Richarz u. W. Ziegler, Wied. Ann. **63**, 261, 1897.

1) W. Eichhorn; diese Zeitschr. 1, 81, 1899 und Ann. der Physik, **3**, 20, 1900; Des Coudres, diese Zeitschr. 2, 586, 1901.

oszillationen irgendwie zu registrieren, musste sich natürlich sofort aufdrängen, wenn man einmal das Phänomen der sprechenden Flammen in Händen hatte. Demnach versuchte ich einmal, die Lichtschwankungen photographisch auf bewegtem Bromsilberpapier zu registrieren, damals leider vergebens.[1]) Zweitens aber bemühte ich mich um wärmeempfindliche (radiophonische) Apparate, die auf die Intensitätsschwankungen der strahlenden Wärme des sprechenden Flammenbogens reagierten und sie telephonisch zu registrieren gestatteten. Obwohl ich hier viel Mühe aufwandte, kam ich zu keinem befriedigenden Ziele. Die schönen Versuche Graham Bells mit der Selenzelle waren ja wohl bekannt, indessen hatte man bis vor kurzem nirgendwo Gelegenheit, in den Laboratorien eine Selenzelle zu sehen, auch klebte aus irgend einem Grunde allgemein das Vorurteil grosser Unvollkommenheit und Unzuverlässigkeit an diesen Apparaten. Erst vor etwa $1\frac{1}{2}$ Jahren hatte ich Gelegenheit, eine Selenzelle vom Darmstädter Physikalischen Institute zu leihen. Da alsbald die Versuche gelangen, konnten wir systematisch in dieser Richtung weiterarbeiten und hatten die Genugthuung, Ihnen gestern eine Übertragung auf 1 km vorführen zu können, deren Reinheit und Deutlichkeit sich mit jeder Telephonanlage messen kann. Dass wir schon jetzt ebensogut auf 3 bis 4 km, wahrscheinlich sogar viel weiter, nach dieser Methode sprechen können, ist nach unseren Versuchen nicht mehr zweifelhaft. Und doch stehen wir eigentlich erst in den ersten Anfängen, sie auszubauen.

Es ist bei diesen Versuchen einmal die Sendeanordnung und dann die Empfangsstation wichtig und entsprechend auszubilden.

Die Sendeanordnung enthält den lichtsprechenden Flammenbogen und einen Scheinwerferspiegel, der das sprechende Licht in die Ferne entsendet.

Während nun beim sprechenden Flammenbogen alles darauf drängt, zur Erzielung grosser Wirkungen die Stromstärke möglichst zu steigern, führen die Erwägungen hier zu ganz anderen Resultaten. Nicht die absolute Intensität des entsandten Lichtes, sondern seine prozentischen Schwankungen sind wirksam. Ja die konstante Lichtintensität, über die wir unsere Schwankungen überlagern, ist ein leider nicht zu umgehendes Übel, denn die Selenzelle reagiert auf dieselbe absolute Bestrahlungsschwankung um so energischer, je weniger sie schon belichtet ist. Nun können wir mit unseren Mikrophonen einstweilen die über den Flammenbogen gelagerten Stromschwankungen nicht über ein gewisses Mass steigern. Dieses Mass muss aber prozentisch um so grössere Schwankungen bewirken, je kleiner die Gesamtintensität des Flammenbogens an sich ist. Wir sind demnach bei diesen Versuchen zu den kleinsten Flammenbogen heruntergegangen, die sich noch sicher erzeugen lassen, zwischen + Kohle von 5 mm und — Kohle von 3 mm Durchmesser bei einer Stromstärke von 2 bis 3 Amp. Untersucht man, wo im Flammenbogen die Quelle der grössten Lichtschwankungen lokalisiert ist, so zeigt sich das überraschende Resultat, dass es der Krater ist, dessen Lichtintensität auf übergelagerte Stromschwankungen mit einer wunderbaren Feinheit reagiert. Der Lichtbogen selbst ist so gut wie garnicht daran beteiligt. Die Erfahrung, deren exakte experimentelle und theoretische Aufklärung eine interessante Aufgabe erscheint, ergiebt, dass dieselbe prozentische Stromänderung bei den ganz kleinen Stromstärken eine wesentlich grössere Intensitätsänderung des Kraters zur Folge hat, wie bei grossen. Vielleicht deutet das darauf hin, dass bei kleinen Stromstärken bei Steigerung derselben noch eine Steigerung der Kratertemperatur erfolgt, während bei starkem Strome eine Vergrösserung desselben nur mehr die Kraterfläche vergrössert.

Die Anwendung der kleinen Flammenbogen bedeutet mit Rücksicht auf die Scheinwerferübertragung einen weiteren ganz wesentlichen Vorteil. Die vollendet geschliffenen parabolischen Scheinwerfer von Schuckert, die uns von der Firma zur Verfügung gestellt sind, gestatten, ein um so schärfer begrenztes paralleles Lichtbündel zu entsenden, je punktförmiger die verwendete Lichtquelle ist. Daher kommt es, dass, mit 150 Amp. nur etwa viermal intensivere Bestrahlung möglich ist, als mit 4 Amp. Die grössere Stromstärke ergiebt einen so ausgedehnten Krater, dass wesentlich die Streuung des Strahlenbündels zunimmt, nicht aber seine spezifische Intensität. Darum kommt im allgemeinen die vorzügliche Optik der Schuckertschen Spiegel eigentlich garnicht zur Geltung, und es erfüllte die Herren in Nürnberg mit besonderer Genugthuung, dass bei unseren Versuchen diese Exaktheit so schöne Früchte trug. Damit ist zugleich die Frage erledigt, welcher Scheinwerfer für die lichttelephonischen Versuche am besten ist: möglichst exakt geschliffene, möglichst grosse parabolische Spiegel mit möglichst grosser Brennweite gestatten, das Licht des Kraters in möglichst wenig gestreutem Bündel zu entsenden. Unsere Versuche in Nürnberg wurden mit einem 90 cm Spiegel von 40 cm Brennweite, sowie einem 150 cm Spiegel von 60 cm Brennweite gemacht. Hier haben wir einen 90 cm Spiegel von 32 cm Brennweite verwendet.

Der Hauptbestandteil des Empfangsapparates ist die Selenzelle. Unsere ersten Versuche sind mit Selenzellen gemacht, die

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 234, 1898.

aus dem bekannten Laboratorium von Clausen & v. Bronk-Berlin stammten. In einem Vortrage in der Berliner Elektrotechnischen Gesellschaft[1]) habe ich gesagt, dass nur diese Herren gute Selenzellen anzufertigen verständen. Inzwischen hat mir Herr Giltay in Delft mitgeteilt, dass er schon seit vielen Jahren Selenzellen fabriziert. Er hat mir auch in entgegenkommendster Weise eine Anzahl seiner Selenzellen zur Verfügung gestellt, die sich nicht nur in der äusseren Ausstattung, sondern namentlich durch ihre ganz vorzüglichen Wirkungen vor den Clausen & v. Bronkschen Zellen sehr hervorthun. Die Versuche, die wir Ihnen zeigten, wurden mit einer Zelle gemacht, die im Dunklen 4000 Ohm hat, bei Belichtung mit zwei Kerzen in 1 m auf etwa die Hälfte heruntergeht. Eine andere, noch bessere Giltaysche Zelle in meinem Besitze hat 800Ohm und geht bei der genannten Belichtung auf 350 herunter.

Inzwischen haben wir uns selbst an die Herstellung von Selenzellen gemacht und sind zu sehr guten Resultaten gelangt, durch deren Ausgestaltung wir noch einen grossen Schritt weiter zu kommen hoffen. Es ist uns gelungen, ein ziemlich zuverlässiges Verfahren zu finden, gleichmässige, den Giltayschen an Güte gleichkommende Zellen herzustellen. Wir werden später darüber berichten.

Auf die mit guten feindrähtigen Telephonen und 50 bis 120 Volt hintereinander oder nach Figur 9 geschaltete Zelle konzentrieren wir das mit einem 90 cm Spiegel oder einer 30 cm Linse aufgefangene Licht.

In Nürnberg standen uns 1200 m Experimentierweite zur Verfügung. Dabei gelangen die Versuche auch noch unter Anwendung der 30 cm Linse glänzend. Da nun nach den photometrischen Messungen der Herren bei Schuckert die Intensität des Scheinwerferbündels bei normaler Atmosphäre mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so müssen wir mit einem 90 cm Spiegel noch eine dreimal grössere Entfernung, also etwa 3,6 km ebenso gut überbrücken können. Wir wollen in nächster Zeit Versuche mit solchen und eventuell grösseren Entfernungen machen.[2])

Ich glaube, meine Herren, Sie werden uns zustimmen, dass der schöne Bellsche Gedanke der Lichttelephonie durch unsere Versuche aus dem platonischen Stadium in eine Phase getreten ist, die eine praktische Verwertung in das Bereich der Erwägungen rückt. Dem Ausdruck unserer Freude, dass wir vor diesem erlesenen Forum der deutschen Physik den Versuch im grösseren Massstabe zeigen konnten, gesellt sich unser Dank gegen die Abteilungsleitung, namentlich Herrn Professor Hoppe, sowie vor allem gegen die Herren von Schuckert, die durch ihr Entgegenkommen unsere Versuche und diese Vorführung ermöglicht haben.

(Eingegangen 28. September 1901.)

1) E. T. Z., **22**, 510, 1901.

2) Inzwischen haben wir in Göttingen mit denselben Apparaten die Versuche auf 2,5 km mit bestem Erfolge wiederholt, ohne damit an der Grenze des mit den jetzigen Mitteln Erreichbaren angelangt zu sein.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen).

Blochmann (Kiel) fragt, ob die Selenzelle auch noch in der gewünschten Weise arbeitet, wenn sie vom Sonnenlicht bestrahlt wird, oder ob dies zu intensiv ist, im Verhältnis zu den durch die künstliche Lichtquelle des Projektors hervorgerufenen Bestrahlungen.

Simon: Mit zunehmender Bestrahlungsintensität nimmt die Empfindlichkeit der Selenzelle gegen die photophonischen Schwankungen mehr und mehr ab.

M. Wien (Aachen): Es wird den meisten Anwesenden bei den ersten Versuchen aufgefallen sein, dass die Klangfarbe sehr verändert wurde. Beim Pfeifen traten die hohen Obertöne, beim Sprechen die tiefen, schnarrenden besonders hervor. Es scheint also, dass gerade die mittleren wichtigsten Töne am schlechtesten geliefert werden. Die Schaltung scheint nicht die Ursache zu sein, es muss also wohl an dem Flammenbogen liegen. Weiss Herr Simon vielleicht eine Erklärung dafür?

Simon: Nein. Am Mikrophon kann auch ein Teil der Schuld liegen. Wir haben übrigens einen sehr grossen Flammenbogen genommen, um die Intensität möglichst zu steigern. Bei kleineren Bogen sind die Klangfarben viel reiner.

M. Wien: Diese Wirkung des Flammenbogens wirkt hinderlich auch bei der Erzeugung von Sinus-Strömen nach Duddell. Haben Sie darüber Versuche gemacht, ob der Stromverlauf rein sinusförmig ist?

Simon: Die Ströme sind, wie ich mit der Braunschen Röhre überzeugte, Sinus-Ströme, allerdings nur nach dem Augenmass geschätzt. Das ist freilich unsicher. Die ganze Frage wird übrigens daraus hinauskommen, ob der Flammenbogen eine Selbstinduktion hat oder nicht.

M. Wien: Jawohl.

Lecher (Prag): Einen der gezeigten schönen Versuche habe ich in etwas unentwickelter Form schon vor 14 Jahren gemacht, indem ich einen Kondensator parallel zu einem Lichtbogen schaltete und wohl als Erster die in einem solchen Nebenschlusse entstehenden Wechselströme zeigte (Wied. Ann. 33, S. 693 u. ff., 1888). Dem „Tönen" des Lichtbogens, an das ich mich nun nachträglich deutlich erinnere, legte ich keine Bedeutung bei und liess es in meiner Arbeit leider unerwähnt.

Drude (Giessen): Hat Simon auch bemerkt, dass die Tonhöhe bei der Anordnung von Duddell von der Grösse des Flammenbogens abhängt?

Simon: Ja, ich habe das auch bemerkt. Der Flammenbogen ist, sei es durch seinen Widerstand, sei es durch seine Selbstinduktion, ein wesentlicher Bestandteil des schwingenden Stromkreises, wirkt also nicht bloss „anregend" wie etwa die Flamme bei der chemischen Harmonika. Die Aufklärung des ziemlich komplizierten Zusammenhanges muss die weitere Untersuchung bringen.

Archenhold (Berlin) weist auf Selenzellen von Uljanin hin.

VORTRÄGE UND REDEN.

Beiträge zum dynamischen Ausbau der Festigkeitslehre.

Von A. Sommerfeld.

(Schluss.)

Dem entspricht die fernere Beobachtung, dass beim Ausschalten der Widerstände, also beim Verstärken des Stromes, die Tourenzahl in weiten Grenzen konstant bleibt. Fig. 4 zeigt die Kurve der Tourenzahl (ausgezogen),*) der Klemmspannung am Motor (punktiert) und die Kurve der Arbeitsleistung (strich = punktiert); als gemeinsame Abszisse ist die Grösse des Stromes aufgetragen. Tourenzahl n, Strom i und Spannung e wurden beobachtet, die Arbeitsleistung aus ei berechnet. Die Arbeitskurve zeigt uns nun folgendes: Um die fraglichen 310

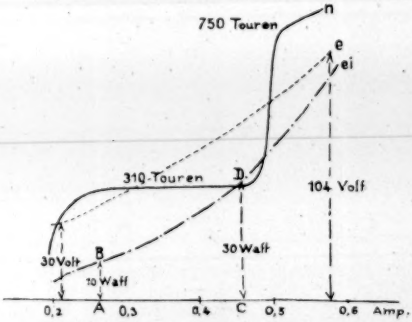


Fig. 4.

Touren zu erzeugen, genügt die Arbeitsleistung $AB = 10$ Watt bei geringer Ausschwingung des Tisches. Um aber bei maximaler Ausschwingung dieselbe Tourenzahl beizubehalten, wird die Arbeit $CD = 30$ Watt verbraucht. Was wird aus der Mehrarbeit $CD - AB = 20$ Watt? Zum Betriebe des Motors wird sie nicht erfordert. Sie geht offenbar in den Tisch, unterhält die Biegungsschwingungen desselben, d. h. sie überwindet die denselben entgegenwirkenden Reibungswiderstände. Also nur $^1/_3$ der Arbeit ist vom Standpunkte des Maschinentechnikers Betriebsarbeit, $^2/_3$ geht verloren!

Wenn es erlaubt wäre, von den Verhältnissen im kleinen, die hier vorliegen, auf die eines Betriebes im grossen zu schliessen, so möchten wir sagen: Ein Fabrikant lässt eine schlecht fundamentierte Maschine mit 30 PS laufen. Er erzielt aber nur einen Wirkungsgrad $^1/_3$, denn nur 10 PS kommen der Maschine zu gute und verrichten Nutzarbeit, 20 PS gehen in das Fundament. Der Fabrikant verbrennt also seine teuren Kohlen, nicht um seine Maschine zu bewegen, sondern um sein Fundament zu lockern! [9])

Unser Tisch möge schliesslich noch dazu herhalten, uns — in sehr vagen Umrissen — die Idee zu einem neuen Regulatorsystem zu liefern. Unser Tisch, möchten wir sagen, absorbiert gierig alle Arbeit, die ihm in einer für ihn geniessbaren Form, nämlich bei einem Kraftwechsel von 310 pro Minute, geboten wird: Solange keine sehr erheblichen Arbeitsüberschüsse zugeführt werden, ist er stark genug, diese ihm besonders genehme Tourenzahl festzuhalten. In entsprechender Weise könnte man daran denken, der Dampfmaschine ein schwingungsfähiges System, etwa in Gestalt starker Federn, beizugeben, die auf die gewünschte Tourenzahl eingestimmt sind. Diese werden wie unser Tisch die überschüssige Arbeit in sich aufnehmen und die Tourenzahl — innerhalb weiterer oder engerer Grenzen — sichern. Wir hätten damit einen einseitig wirkenden Regulator, ohne Stellzeug u. s. w., der höhere Geschwindigkeiten wie die vorgeschriebene verbietet, niedere zulässt.

* Das vertikale Stück der Tourenkurve ist nicht beobachtet, sondern interpoliert. Der Übergang von der Tourenzahl 310 zur Tourenzahl 750 war ein so plötzlicher und turbulenter, dass dazwischen nicht beobachtet werden konnte.

9) Dies ist natürlich *cum grano salis* zu verstehen. Bei einer Maschine, die im Betriebe erhebliche Arbeitswiderstände zu überwinden hat, werden die Reibungsverluste vermöge der Formänderung des Fundamentes verhältnismässig weniger ins Gewicht fallen, wie bei unserem leerlaufenden Motor.

2. Wichtiger noch wie die Biegungsschwingungen sind für den Maschineningenieur die Torsionsschwingungen. Den Ausgangspunkt meiner diesbezüglichen Betrachtungen bildeten häufige Gespräche mit Herrn Lynen über die Erklärung gewisser auffälliger Unregelmässigkeiten bei einer in unserem Ingenieurlaboratorium aufgestellten Versuchsmaschine. Es ist dies eine kleine, schnell laufende Maschine (420 Umdrehungen), die durch besondere Vorrichtungen einen besonders hohen Gleichgang bekommen sollte. Zu dem Zwecke wurde eine 70 cm lange, 3 cm starke Torsionsfeder mit der Maschine gekuppelt; sie war am einen Ende in das Fundament fest eingebaut, am anderen Ende mit der Maschinenwelle durch Gelenkhebel derart verbunden, dass sie bei jeder Wellen-Umdrehung einmal im einen und im anderen Sinne um einen gewissen Winkel ausgedreht wurde. Da sie dieser Ausdrehung widerstrebt, übt sie rückwirkend auf die Welle ein gewisses periodisch wechselndes Drehmoment aus, und die Verhältnisse waren so abgepasst, dass dieses Drehmoment die Schwankungen des vom Dampfdruck übertragenen Tangentialdruckes gerade ausgleichen sollte. Die Grösse des Drehmomentes wurde folgendermassen — auf statischem Wege — festgestellt. Es wurden am Ende des die Feder führenden Hebels nacheinander verschiedene Lasten aufgebracht und die zugehörigen Ausdrehungen der Feder festgestellt. Da jeder Ausdrehung eine gewisse Kurbelstellung entspricht, so konnte man auf diese Weise für jede Kurbelstellung die Grösse des Federbeitrages zur tangentialen Drehkraft ermitteln.

Das Verfahren scheint einwandsfrei; wenn man aber einmal auf den Unterschied zwischen statischer und dynamischer Beanspruchung aufmerksam geworden ist, lässt sich dagegen folgendes geltend machen: Durch den Versuch wurde das Moment bestimmt, das einer dauernden, statischen Ausdrehung der Feder um einen gewissen Winkel φ entspricht. Wir wollen dasselbe M_{stat} nennen. Von Hause aus ist nichts darüber bekannt, ob das Moment, welches die Feder bei periodisch wechselnder Ausdrehung, wie sie einer gewissen Tourenzahl der Maschine entspricht, im gleichen Stadium der Ausdrehung ausübt, mit dem statisch ermittelten übereinstimmt. Wir können dieses Moment M_{dyn} nennen. Es lässt sich zeigen, dass es im allgemeinen nicht mit M_{stat} übereinstimmt, dass vielmehr

$$M_{dyn} = M_{stat} \cdot \gamma$$

wird, wo γ wieder als „dynamischer Koeffizient" bezeichnet werden kann. γ kann mit hinreichender Annäherung durch eine sehr einfache Formel dargestellt werden, welche so lautet: [10])

$$\gamma = 1 - \frac{\mathcal{J}_1 \, l}{\mathcal{J}_0 \, G} \, \omega^2$$

($\mathcal{J}_0$ = polares Trägheitsmoment des Federquerschnittes, l = Länge, G = Schubelastizitätsmodul der Feder, $\mathcal{J}_1$ = Trägheitsmoment des Hebelwerks am Ende der Feder um die Achse derselben.)

10) Der dynamische Koeffizient der Torsionsfeder. Für das Innere der Feder gilt die Differentialgleichung:

$$\mu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \tag{17}$$

wo φ den Ausdrehungswinkel, μ die (räumliche) Dichte des Federmateriales, G den Schubelastizitätsmodul bedeutet. Am einen Ende ($x = 0$), wo die Feder eingebaut ist, ist $\varphi_0 = 0$. Am anderen Ende ($x = l$) wird die Feder durch das Hebelwerk geführt, so dass hier ein jeweiliger Ausdrehungswinkel $\varphi_l = c \sin \omega t$ erzwungen wird. ω ist dabei die Winkelgeschwindigkeit der Maschinenwelle.

Die einzige, diesen Bedingungen entsprechende Lösung von (17), welche eine harmonische Schwingung von der Periode $\frac{2\pi}{\omega}$ darstellt, ist

$$\varphi = c \sin \omega t \, \frac{\sin \alpha x}{\sin \alpha l}, \quad \alpha^2 = \frac{\mu \omega^2}{G}. \tag{18}$$

Gesucht wird das Drehmoment, welches die Feder auf die Maschine überträgt. Allgemein ist bekanntlich das Moment der Schubspannungen, das „Torsionsmoment", gegeben durch

$$M = \mathcal{J}_0 \, G \, \frac{\partial \varphi}{\partial x}. \tag{19}$$

Handelt es sich um eine dauernde oder hinreichend langsame Ausdrehung, so wird das „Ausdrehungsgefälle" $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ längs der ganzen Feder konstant und kann daher gleich dem Ausdrehungswinkel am Ende, geteilt durch die Länge der Feder, gesetzt werden. Das auf die Welle übertragene „statische" Drehmoment, welches dem Torsionsmomente entgegengesetzt gleich ist, würde daher in unserem Falle lauten:

$$M_{stat} = -\frac{\mathcal{J}_0 \, G \, \varphi_l}{l} = -\frac{\mathcal{J}_0 \, G}{l} \, c \sin \omega t. \tag{20}$$

Bei wechselnder Ausdrehung dagegen ist der Wert von $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ aus Gl. (18) zu entnehmen, indem man dort $x = l$ setzt. Überdies ist zu beachten, dass nur ein Teil des Torsionsmomentes auf die Welle übertragen, ein anderer Teil zur Überwindung der Trägheit des Hebelwerkes verbraucht wird. Nennt man den auf die Welle übertragenen Teil M_{dyn}, so erhält man die Gleichung:

$$M_{dyn} + \mathcal{J}_1 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\mathcal{J}_0 \, G \, \frac{\partial \varphi}{\partial x} \text{ (für } x = l),$$

also mit Rücksicht auf (18)

$$M_{dyn} = -\left(\mathcal{J}_0 \, G \, \alpha \, \frac{\cos \alpha l}{\sin \alpha l} - \omega^2 \mathcal{J}_1\right) c \sin \omega t. \tag{21}$$

Der „dynamische Koeffizient" γ wird also, wenn man $\alpha l = \lambda$ setzt, nach (20) und (21):

$$\gamma = \frac{M_{dyn}}{M_{stat}} = \lambda \, ctg \, \lambda - \omega^2 \frac{\mathcal{J}_1 \, l}{\mathcal{J}_0 \, G}. \tag{22}$$

Mit dieser Formel stimmt die im Text angegebene überein, wenn λ sehr klein ist, was im vorliegenden Falle zutrifft. Da nämlich bei einer Umdrehungszahl 420 in der Minute $\omega = 14\pi$ ist, da ferner bei gehärtetem Stahl $G = 8{,}5 \cdot 10^5$ und $\mu = \frac{7{,}86}{9{,}81} 10^{-5}$ gesetzt werden kann, so ergiebt sich α zu $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ und $\lambda = \alpha l$ bei $l = 70$ cm zu 0,01. Dementsprechend kann in (22) $\lambda \, ctg \, \lambda$ ohne merklichen Fehler durch 1 ersetzt werden.

Wegen der Kleinheit von λ wird es ferner in Gl. (18) gestattet sein, $\sin \alpha l$ durch αl und um so mehr $\sin \alpha x$ durch

Der Verlauf von γ in seiner Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit ω oder der damit zusammenhängenden Tourenzahl n ist durch die Parabel der Fig. 5 gegeben: Bei gedem für uns in Betracht kommenden dynamischen ab; es war also wirklich unzulässig, die statische und die dynamische Federwirkung zu verwechseln. Im Zusammenhange damit zeigt sich, dass die Umdrehungszahl 420 nicht sehr weit von der kritischen entfernt ist. Die Anzahl der freien Federschwingungen pro Minute beträgt nämlich 730.

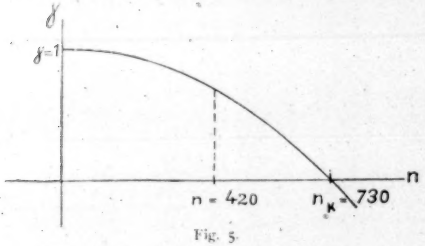


Fig. 5.

ringer Umdrehungsgeschwindigkeit wird $\gamma = 1$, da es sich in diesem Falle um eine nahezu statische Beanspruchung handelt. Mit wachsendem n aber nimmt γ ab, um bei einem gewissen Werte $n = n_K$ zu verschwinden. Was bedeutet dieser „kritische" Wert n_K? Es zeigt sich, er stimmt mit der Frequenz derjenigen Federschwingung überein, bei der das eine Ende festgehalten wird, das andere, mit der Schwungmasse vom Trägheitsmoment $\mathcal{J}_1$ beschwerte, frei ausschwingt. Bei der freien Schwingung ist eben das zur Unterhaltung der Bewegung erforderliche Drehmoment gleich Null; daher wird auch umgekehrt die Rückwirkung der Feder auf die Welle bei dieser Tourenzahl verschwinden müssen. Auch hierin haben wir eine Resonanzwirkung zu erblicken. Denn es kommt offenbar auf dasselbe heraus, wenn wir früher sagten, dass bei gegebener Grösse der Kraft die Ausbiegung unendlich gross würde, oder wenn wir jetzt sagen, dass bei gegebener Ausdrehung die zu dieser Ausdrehung gehörige Kraftwirkung verschwinde.

Im vorliegenden Falle wurde das Trägheitsmoment $\mathcal{J}_1$ durch Beobachtung von Pendelschwingungen zu 18 (kg cm sec^2) bestimmt. Ferner konnte das Produkt $\frac{\mathcal{J}_0 G}{l}$ direkt aus dem beobachteten Verhältnis $M_{stat}:\varphi = 10{,}5 \cdot 10^4$. kg cm berechnet werden. Da auch $\omega = 14\,\pi$ (entsprechend der Umdrehungszahl $n = 420$) bekannt ist, so folgt:

$$\gamma = 1 - 0{,}33 = 0{,}67.$$

Der statische Wert des Torsionsmomentes weicht also um nicht weniger wie 33 % von

Von diesem sehr speziellen Falle gehen wir schliesslich zu einer sehr allgemeinen und wichtigen Frage, den Torsionsschwingungen der Maschinenwelle als solcher, über. Die Resultate, zu denen wir gelangen werden, scheinen eine grundsätzliche Umgestaltung der durch Radinger in die Wissenschaft eingeführten Schwungradberechnung unter Umständen nötig zu machen.

Ich werde mich hier wesentlich darauf beschränken, ein bestimmtes Beispiel durchzuführen. Die Welle habe 25 *PS* bei einer Umdrehungszahl 60 zu übertragen. Das Tangentialdruckdiagramm (abzüglich der Massenwirkungen) habe etwa die in Fig. 6 punktiert gezeichnete

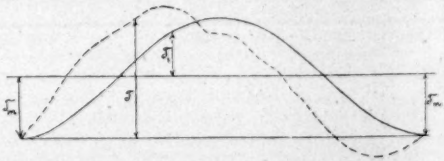


Fig. 6.

wenig gesetzmässige Form. Wir können dasselbe in einen konstanten Teil und eine Reihe regelmässiger Sinusschwankungen auflösen, wozu die Mathematik bestimmte Regeln liefert. Praktisch dürfte es nur auf den konstanten Teil (oder den Mittelwert T_m der Tangentialkraft) und den ersten variabeln Bestandteil (eine Sinusschwankung T_1 relativ gegen den Mittelwert T_m von der Periode der halben Wellenumdrehung) ankommen. Beide sind in Fig. 6 kenntlich gemacht. Dabei ist der Bequemlichkeit wegen angenommen, dass die Amplitude des variabeln Teiles gerade gleich dem konstanten Teile T_m sei. In unserem Falle ist, wie man leicht nachrechnet, $T_m = 3 \cdot 10^4$. [11]) Die Arbeitswiderstände W sollen der Einfachheit wegen als unveränderlich angesehen werden, $W = W_m$, wobei natürlich $W_m = T_m$ sein wird.

Man kann die genannten Bestandteile der

αx zu ersetzen. Alsdann stellt sich φ durch eine lineare Funktion von x dar und das Ausdrehungsgefälle wird angenähert konstant. Dies bedeutet, dass in der Differentialgleichung (17) die linke Seite merklich durch Null ersetzt oder dass von der Trägheit der Feder abgesehen werden darf. Das gleiche gilt für die folgenden Schwingungen einer Maschinenwelle, wo ebenfalls das Diagramm der Ausdrehungen als geradlinig behandelt werden darf.

11) T_m bedeutet eigentlich das Moment der Tangentialkraft um die Wellenmittellinie oder die „auf den Abstand 1 reduzierte Tangentialkraft". Ihre Grösse folgt daraus, dass die Arbeitsleistung oder in unserem Falle 25 PS $= 25 \cdot 75 \cdot 10^2 \frac{\text{kg cm}}{\text{sec}}$ gleich $T_m\,\omega$ ist, woraus mit $\omega = 2\pi$ folgt

$$T_m = \frac{25 \cdot 75 \cdot 10^2}{2\,\pi} = 3 \cdot 10^4.$$

Drehkraft jeden für sich untersuchen. Es ist allgemein üblich, bei der Behandlung des konstanten Teiles T_m die Formänderungen der Welle in Rechnung zu setzen und aus der Grösse der auftretenden Torsionsspannungen die erforderliche Stärke der Welle zu bestimmen. Dagegen ist es üblich, wenn man die Schwankungen des Tangentialdrucks verfolgt, die Welle als starr anzusehen und unter dieser Annahme, indem man noch einen gewissen Gleichförmigkeitsgrad des Ganges verlangt, das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades zu bestimmen. Auch in diesem Falle scheut man also in der Technik von der Anwendung der Festigkeitslehren auf dynamische Fälle zurück, man begnügt sich damit, sie bei der statischen, dauernden Beanspruchung durch den konstanten Teil der Drehkraft zur Geltung zu bringen.

Zu dem ersteren Verfahren haben wir nichts hinzuzufügen. Es ergiebt sich dabei ein Ausdrehungswinkel, der von dem Angriffspunkte der Triebkraft nach dem der Arbeitswiderstände gleichförmig abfällt. Das Schwungrad mit seinen Trägheitskräften kommt für diese rein statische Beanspruchung überhaupt nicht in Frage. Legen wir als zulässige Torsionsspannung nur 200 *atm* zu Grunde, so ergiebt sich in unserem Falle leicht, dass 10 cm Wellendicke völlig ausreichen. [12]) Das polare Trägheitsmoment des Wellenquerschnittes $\mathcal{J}_0$ wird ungefähr 10^3 (cm^4) und das Trägheitsmoment des Wellenkörpers für 1 m Länge $\mathcal{J} = 0{,}8$ (kg sec^2).

Dagegen haben wir, was die Behandlung des variabeln Teiles der Drehkraft betrifft, zu betonen, dass hier ebenso sehr und noch viel mehr wie bei dem konstanten Teile die Formänderungen zu beachten sind, dass die wechselnde Drehkraft eine regelmässige Schwingung der Welle erzeugt, deren Amplitude an verschiedenen Stellen der Welle verschieden ist, und dass der Gleichgang wesentlich von der Grösse dieser Schwingung abhängt.

Verlangen wir als Gleichförmigkeitsgrad 40, d. h. soll die Schwankung der Geschwindigkeit während einer Umdrehung nicht mehr wie den 40. Teil der mittleren Geschwindigkeit betragen, so berechnet sich das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades nach der üblichen Methode, ohne Rücksicht auf die Formänderung, zu etwa $\mathcal{J}_1 = 3 \cdot 10^4$ (kg cm sec^2) oder das Gewicht desselben bei einem mittleren Schwungringradius von 1 m zu ungefähr 3 Tonnen. [13])

Untersuchen wir nun die wirklich eintretenden Geschwindigkeiten φ an jeder Stelle der Welle unter dem Einfluss der variabeln Drehkraft $T_1 = T_m \sin 2\,\omega\, t$ und des Schwungrades vom Trägheitsmomente $\mathcal{J}_1$. Die Drehkraft möge am einen Ende der Welle angreifen, das Schwungrad am andern Ende befestigt sein. Von der Trägheit der Maschinenteile (Kurbel etc.), die ebenfalls eine Art Schwungradwirkung auf jenes Ende der Welle übertragen wird, wollen wir hier absehen. Die Länge der Welle werden wir der Reihe nach zu 50, 100, 200, 300, 400 cm annehmen. Die Ausdrehungen und ihre Geschwindigkeiten sind. ersichtlich selbst periodisch wechselnde und erfolgen im Tempo der Kraftwirkung T_1. Falls sie an allen Punkten der Welle dieselben wären, würden wir sie als Bewegungsschwingungen bezeichnen, insofern sie sich aber ungleichmässig über die Welle verteilen, sind sie Torsionsschwingungen. In der folgenden Figur können wir natürlich nur die Amplitude der Schwingung für jeden Punkt verzeichnen. Wenn wir praktisch nicht vorkommende Geschwindigkeiten und ausserordentliche Längen der Welle ausschliessen, so wird der Geschwindigkeits-Abfall längs der Welle ein geradliniger (es handelt sich genau genommen um trigonometrische Funktionen mit kleinen Argumentwerten, welche durch lineare Funktionen ersetzt werden können); wenn wir daher für verschiedene Punkte der Welle die Amplitude w des variabeln Teiles der Winkelgeschwindigkeit senkrecht zur Wellenachse auf-

12) Bekanntlich ist das polare Widerstandsmoment $\frac{\pi}{2} r^3$ mindestens gleich dem Torsionsmoment geteilt durch die zulässige Spannung zu wählen. Also hat man $\frac{\pi}{2} r^3 > \frac{3 \cdot 10^4}{200}$ und $r > 4.5$ oder rund $r = 5$ cm.

13) Schwungradberechnung im Sinne des üblichen Verfahrens. Durch die variable Drehkraft $T_1 = T_m \sin 2\,\omega t$ wird bei vorausgesetzter Starrheit der Welle eine „Bewegungsschwingung" von derselben Periode wie T_1 erzeugt. Infolgedessen überlagert sich der konstanten oder mittleren Winkelgeschwindigkeit ω eine variable Winkelgeschwindigkeit $\mathfrak{w}$, die wir in der Form ansetzen:

$$\mathfrak{w} = -\,w \cos 2\,\omega t,$$

so dass w die Amplitude der Geschwindigkeit bedeutet. Die grösste Schwankung beträgt also $2\,w$ und der Ungleichförmigkeitsgrad δ berechnet sich aus

$$\delta = \frac{2\,w}{\omega}.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades kann man aus der Bewegungsgleichung des letzteren finden:

$$\mathcal{J}_1 \frac{d\,\mathfrak{w}}{dt} = T_1. \tag{23}$$

Setzt man für $\mathfrak{w}$ und T_1 die angegebenen Werte ein, so ergiebt sich nach Weglassung des Faktors $\sin 2\,\omega t$:

$$2\,\omega\, w\, \mathcal{J}_1 = T_m \tag{24}$$

und, wenn man die Beziehung zwischen w und δ benutzt:

$$\mathcal{J}_1 = \frac{T_m}{\delta\,\omega^2}$$

Da $T_m = 3 \cdot 10^4$, $\omega = 2\,\pi$ war und $\delta = \frac{1}{40}$ werden soll, so erhält man $\mathcal{J}_1 = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 40}{4\,\pi^2} = 3 \cdot 10^4$ (kg cm sec^2). Das Gewicht G, welches, im Abstande 1 m angebracht, das erforderliche Trägheitsmoment liefert, beträgt:

$$\frac{G}{981} \cdot 10^4 = 3 \cdot 10^4 \text{ oder } G = 3 \cdot 981 = \text{ca. } 3 \text{ Tonnen.}$$

tragen, entsteht die geradlinige Figur 7. Die Marke o bedeutet dabei den Angriffspunkt der Tangentialkraft T_1; die Welle dehnt sich in den der Reihe nach in Betracht zu ziehenden Fällen von da bis zu der Marke $^1/_2$ bez. 1, 2, 3, 4 m aus. Wir erkennen aus der Figur: Am rechten

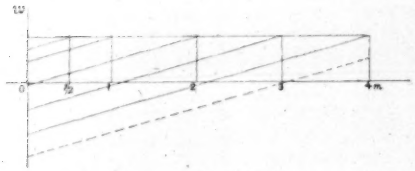


Fig. 7.

Ende der Welle (d. h. bez. bei den Marken $^1/_2$ m, 1, 2, 3, 4 m) ist die Amplitude der Winkelgeschwindigkeit wesentlich dieselbe und unabhängig von der Länge der Welle; sie stimmt übrigens hier überein mit der Amplitude derjenigen Drehung, welche bei vorausgesetzter Starrheit die Welle als Ganzes unter dem Einfluss der Kraft T_1 ausführen würde. Nach links hin fällt dieselbe ab, in einem Masse, welches von der Stärke der Kraft T_1 und dem elastischen Widerstandsvermögen der Welle, aber nicht von deren Länge abhängt. Es ist ja verständlich, dass die Welle am rechten Ende, wo die Trägheit der schweren Schwungradmassen sitzt, stärker ausfedern wird, wie in den anstossenden Teilen. Wie gross die Geschwindigkeit am linken Ende wird, bestimmt sich nun wesentlich durch die Länge der Welle. Für $l = {}^1/_2$ m wird sie gleich $^3/_4$ der Geschwindigkeit am rechten Ende, für $l = 1$ m weniger als die Hälfte. Bei 2 m Wellenlänge befindet sich das linke Ende bereits in der entgegengesetzten Ausschwingung, wie das rechte, da der Schnittpunkt K der das Geschwindigkeitsgefälle darstellenden Geraden mit der Wellenachse hier nicht mehr ausserhalb der Welle zu liegen kommt. Dasselbe gilt für noch grössere Längen, wobei die Geschwindigkeit am linken Ende grösser und bei $l = 4$ m sogar grösser wird, wie die Geschwindigkeit am rechten Ende. Der Schnittpunkt K kann als „Schwingungsknoten" bezeichnet werden.[14])

Man übersieht von hier aus leicht das Verhalten des Gleichförmigkeitsgrades der Bewegung, der der Amplitude der Winkelgeschwindigkeit proportional ist. Zunächst erkennt man, dass jeder Stelle ein anderer Gleichförmigkeitsgrad zukommen wird. Am rechten Ende hat man bei beliebiger Länge der Welle merklich ein und denselben Gleichförmigkeitsgrad, nämlich den, bei der Schwungradberechnung verlangten (40). Am linken Ende ist die Gleichförmigkeit bei geringer Länge zunächst

Schubspannungen) in jedem Querschnitte dem Momente der Tangentialkraft T_1 das Gleichgewicht. Nach Gl. (19) wird daher, wenn man x vom Angriffspunkte der Tangentialkraft ($x = o$) nach dem Ansatzpunkte des Schwungrades ($x = l$) wachsend rechnet:

$$\mathcal{J}_0 G \frac{\partial \varphi}{\partial x} = - T_1.$$

Da $w = \frac{\partial \varphi}{\partial t}$ ist, so können wir hierfür schreiben:

$$\mathcal{J}_0 G \frac{\partial w}{\partial x} = - \frac{d T_1}{dt}$$

oder wegen der in der vorigen Anm. angegebenen Ausdrücke von w und T_1.

$$\mathcal{J}_0 G \frac{\partial w}{\partial x} = 2 \omega T_m.$$

Der Winkel α, unter dem die auf der Abszisse x errichtete Schaulinie der Geschwindigkeits-Amplitude w gegen die x-Achse geneigt ist, beträgt also

$$(25) \qquad tg\, \alpha = \frac{2 \omega T_m}{\mathcal{J}_0 G}.$$

Der Schnittpunkt dieser Linie mit der x-Achse, der „Knoten" K, hat danach vom Schwungrade den Abstand

$$(26) \qquad a = \frac{w_l}{tg\, \alpha} = \frac{\mathcal{J}_0 G}{4 \omega^2 \mathcal{J}_1}$$

und die Amplitude der Geschwindigkeit bei $x = o$ wird

$$(27) \qquad w_0 = (a - l)\, tg\, \alpha = \frac{2 \omega T_m}{\mathcal{J}_0 G} (a - l).$$

Die grösste Schwankung der Winkelgeschwindigkeit ist hier $2 w_0$ und der Ungleichförmigkeitsgrad

$$(28) \qquad + \delta = \frac{2 w_0}{\omega} = \frac{2 (a - l)}{\omega} tg\, \alpha = \frac{4}{\mathcal{J}_0 G} T_m (a - l),$$

wobei das Vorzeichen so zu wählen ist, dass δ positiv wird. Hiernach sind die Zahlen des Textes für $1/\delta$ berechnet. Mit den angegebenen Werten $\mathcal{J}_0 = 10^9$, $G = 8{,}5 \cdot 10^5$, $\omega = 2\pi$, $\mathcal{J}_1 = 3 \cdot 10^4$, $T_m = 3 \cdot 10^4$ hat man insbesondere:

$$a = 177 \text{ cm}, \quad tg\, \alpha = 4{,}4 \cdot 10^{-4}$$

Wählt man aber das Schwungrad doppelt so stark, so wird w_l und a halb so gross, während die Neigung α der Schaulinie dieselbe bleibt. Man hat also durch die Mitte der Strecke w_l eine Parallele zur früheren Schaulinie zu ziehen; die so entstehende Geschwindigkeitsamplitude wird für $l = 400$ cm bei $x = o$ grösser wie sie es vorher war. Für den Gleichförmigkeitsgrad an dieser Stelle ergiebt sich nach (28) wegen $a = 88{,}5$, $tg\, \alpha = 4{,}4 \cdot 10^{-4}$:

$$1/\delta = 23.$$

Zur Verhütung von Missverständnissen möchte ich schliesslich betonen: Das zuletzt abgeleitete paradoxe Resultat kommt nicht etwa durch Resonanzwirkung zu stande. Die zu Grunde gelegte Wechselzahl des variablen Teiles der Tangentialkraft ist weit entfernt von der Eigenschwingungszahl, die der mit Schwungrad behafteten Welle von 4 m Länge bei Torsionsschwingungen zukommt. Erstere beträgt nämlich 4, letztere etwa 400, wenn man, wie es im vorhergehenden geschah, die Trägheit der mit der Welle verbundenen Maschinenteile gegenüber der des Schwungrades vernachlässigt, dagegen etwa 25, wenn man das Trägheitsmoment jener Teile gleich $^1/_{100}$ vom Trägheitsmomente des Schwungrades schätzt. Von

14) Der Gleichförmigkeitsgrad bei Berücksichtigung der Formänderungen. Sieht man von der Trägheit der Welle selbst ab, was (Anm. 10) zulässig ist, so überträgt sich das Moment der Tangentialkraft T_1 ungeändert durch die Welle hin auf das Schwungrad. Es gilt daher für die Bewegung des Schwungrades auch jetzt Gl. (23). Heisst w_l die Amplitude der Winkelgeschwindigkeit am Schwungrade, so ist nach (24):

$$w_l = \frac{T_m}{2 \omega \mathcal{J}_1}.$$

Andrerseits hält das Torsionsmoment (das Moment der

noch günstiger, am grössten (nämlich unendlich gross) dann, wenn der Knoten K zufällig gerade auf das linke Wellenende trifft, was in unserem Falle bei einem etwas weniger wie 2 m betragenden l eintreten würde. Von da ab wird aber der Gleichförmigkeitsgrad um so ungünstiger, je länger die Welle ist. Das Genauere ergiebt die folgende Tabelle, die sich auf das linke Wellenende bezieht. δ bedeutet den Ungleichförmigkeitsgrad, also $1/\delta$ den Gleichförmigkeitsgrad:

$l=$	50	100	200	300	400 cm
$1/\delta=$	57	92	310	58	32

Bei $l=4$ m bleibt also die Gleichförmigkeit hinter der gewünschten (40) zurück. Was wird nun nach den gewöhnlichen Anschauungen geschehen? Die Schuld wird dem Schwungrad gegeben werden; man wird dieses verstärken, etwa von 3 auf 6 Tonnen Gewicht. Der Erfolg davon ist, dass die Ausdrehungen in der Nähe des Schwungrades etwa auf die Hälfte herabgesetzt werden (vgl. die punktierte Linie in Fig. 7), dass sie aber am linken Ende nur um so stärker werden, indem der Schnittpunkt K dabei mehr nach rechts rückt. Berechnet man nunmehr den Gleichförmigkeitsgrad am linken Wellenende, so findet man denselben rund gleich 23. Der Gleichgang ist also noch schlechter geworden wie vorher, die Verstärkung des Schwungrades war nicht ein Mittel zur Verbesserung, sondern zur Verschlechterung der Gleichförmigkeit!!

Ich fürchte, dass diese neue Funktion des Schwungrades, den Gleichgang der Maschine zu beeinträchtigen, zunächst wenig Glauben finden wird. Wenn man sich aber einmal in die Notwendigkeit und Gesetzmässigkeit der Schwingungsvorgänge hineingedacht hat, so wird man die hier besprochene Thatsache weniger auffällig finden, wie die andere, dass man bisher diese Vorgänge in der technischen Mechanik nur nebenbei erwähnt und ihre Bedeutung für die Praxis kaum beachtet hat. Ich bin andererseits überzeugt, dass der gewandte Konstrukteur Vorkommnisse, wie die hier geschilderten auch ohne Hilfe der Theorie mit sicherem Takte in der Regel vermeiden wird.

Zum Schlusse noch die folgenden allgemeineren Bemerkungen:

1. Wenn wir von dem Gleichgange einer Maschine sprechen, müssen wir diejenige Stelle der Welle angeben, auf deren Gleichgang es uns ankommt, von der wir also die Arbeit abnehmen wollen. Jede Stelle hat ihren eigenen Gleichförmigkeitsgrad.

2. Es giebt bei nicht zu kurzen Wellen eine Stelle vorzüglichen Gleichganges, nämlich den Knoten der hauptsächlichsten Schwingung, der Schwingung erster Ordnung von der Periode der halben Wellenumdrehung. Bei der von uns gewählten Anordnung berechnet sich der Abstand a dieser Stelle von dem Schwungrade durch die einfache Formel

$$a = \frac{\mathcal{J}_0 G}{4\omega^2 \mathcal{J}_1}.$$

3. Die gewöhnliche Schwungradberechnung ist nur so lange am Platze, als dieser Knoten ausserhalb der Welle fällt, solange also $l > a$ ist. Solange l die Strecke a erheblich an Grösse übertrifft, befinden sich die verschiedenen Teile der Welle merklich in demselben Schwingungszustande; dann und nur dann ist es gestattet, die Welle als starr zu behandeln.

Wir haben in unserer Fig. 7 einfachste Verhältnisse vorausgesetzt, indem wir nur die Trägheit des Schwungrades, nicht auch die Trägheit der am anderen Wellenende angreifenden Maschinenteile berücksichtigten, indem wir ferner die Arbeitswiderstände als zeitlich unveränderlich ansahen und von der dämpfenden Wirkung der inneren Reibung etc. absahen. Es ist aber nicht schwer, auch den kompliziertesten Verhältnissen gerecht zu werden, z. B. ausser den eben genannten Umständen noch etwa auf der Welle aufsitzende Riemenscheiben von nicht zu vernachlässigender Trägheit zu berücksichtigen. Das Diagramm der Winkelgeschwindigkeiten wird dann immer noch, solange wir mit der Umdrehungsgeschwindigkeit und der Länge der Welle unterhalb einer gewissen Grenze bleiben, durch einen geradlinigen Zug dargestellt, der event. mehrere Knicke erhält. Unsere die Formänderung berücksichtigende Schwungradberechnung wird nun darauf hinauskommen, für eine bestimmte Stelle diesen Linienzug durch Wahl des Schwungrades der Abscissenachse so nahe wie möglich zu bringen.

einer Resonanzwirkung kann hiernach in unserem Falle keine Rede sein. Dementsprechend ist auch die Geschwindigkeitsamplitude, wie sie sich aus den obigen Formeln berechnet, keineswegs besonders gross. Bei der ursprünglich angenommenen Schwungradstärke und 400 cm Wellen-Länge beträgt sie bei $x = 0$ nach Gl. (27) ungefähr $1/10$, d. h. 5,7°, während bei vorausgesetzter Starrheit der Welle die Amplitude der Bewegungsschwingung ungefähr $1/13$, d. h. 4,4°, sein würde. Daraus, dass beide Grössen in unserem Falle sich merklich unterscheiden, geht hervor, dass die Formänderung der Welle nicht vernachlässigt werden darf, wie es bei der üblichen Schwungradberechnung geschieht.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1902.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik II: Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise; Ausgewählte Teile. Übungen im physikalischen Laboratorium, a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Experimentalphysik enzyklopädischer Kurs; Theorie der Elektrochemie. — **Polis**: Meteorologie; Meteorologische Technik und Übungen im meteorologischen Observatorium; Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik; Theoretische Elektrotechnik; Elektrotechnisches Praktikum. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I und II; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen. — **Junkers**: Arbeiten im maschinentechnischen Laboratorium. — **Köchy**: Lokomotivbau I und II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente; Eisenbahnwagenbau. — **Lüders**: Maschinenkunde (für Berg- und Hüttenleute), I und II. — **N. N.**: Maschinenbau; Maschinenkonstruieren, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre I und II; Kinematik. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen; Elektrische Konstruktionsübungen, Elektrische Arbeitsübertragung. — **Lutz**: Baumaschinen; Maschinenzeichnen, Kleinkraftmaschinen. —

Borchers: Hüttenkunde der Metalle (ausser Eisen); Kleines metallurgisches Praktikum, umfassend Lötrohr- und hüttenmänn. Probierkunst und elektrische Schmelzverfahren; Anleitung zum Entwerfen metallurgischer und elektrometallurgischer Apparate; Grosses metallurgisches und elektrometallurgisches Praktikum; Allgemeine Hüttenkunde. — **Bredt**: Experimentalchemie: Organischer Teil; Organisches Praktikum; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie. — **Classen**: Chemie der Metalle; Anorganisches Praktikum, Praktikum für qualitative und quantitative Analyse, spezielle analytische Methoden, quantitative Analyse durch Elektrolyse, Mass-, Gas-, Spektralanalyse, Darstellung anorganischer Präparate, Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der analytischen und anorganischen Chemie; Elektrochemisches Praktikum, Darstellung von Chemikalien mittels Elektrolyse, Galvanoplastik u. s. w., Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie. — **Stahlschmidt**: Technische Chemie; Entwerfen chemischer Fabrikanlagen; Chemisch-technisches Praktikum. — **Danneel**: Elektrochemie II. —

Jürgens: Höhere Mathematik I mit Übungen; Elemente der analytischen Geometrie, der Differential- und Integralrechnung mit Übungen. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Elemente der darstellenden Geometrie. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik II mit Übungen; Algebraische Analysis; Mathematisches Seminar, *g.* — **Sommerfeld**: Mechanik I und II. —

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik I, 6; Behandlung physikalischer Aufgaben, 2 *g*; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Veillon), 2. — **Von derMühll**: Einleitung in die mathematische Physik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Messmethoden in der Physik, 1. —

Piccard: Unorganische Experimentalchemie, 5; Analytische Übungen (mit Fichter), 9; Organisches und unorganisches Vollpraktikum (mit Fichter), tägl. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der aromatischen Verbindungen, 3; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g*. — **Kahlbaum**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen physikalischen Chemie I, mit historischer Einleitung, 2; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Nienhaus**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 6; Mikroskopisches Praktikum, 2; Pharmazeutisches Kränzchen, *g*. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übungen, 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Stereochemie, 2. — **Fichter**: Die ungesättigten Säuren, 1 *g*; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. —

Kinkelin: Algebraische Analysis, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Integralrechnung II, 3 — **Flatt**: Projektivische Koordination, 2 *g*. — **Riggenbach**: Populäre Astronomie II: Das Planetensystem, 2; Astronomische Übungen, 2 *g*. —

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik II: Licht und Elektrizität, 5, mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, für Geübtere, tägl., für Anfänger (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten (mit Starke), $3\frac{1}{2}$. — **Weinstein**: Naturphilosophische Grundlagen der Physik und physikalischen Chemie, 2; Physikalische Eigenschaften der Erde, 1 *g*. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1. — **Neesen**: Elementare Mechanik, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Planck**: Theoretische Optik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik II: Elastizitätslehre und Hydrodynamik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Starke**: Über die elektrischen Entladungen und die sie begleitenden Erscheinungen (Kathoden-, Röntgenstrahlen etc.), 1. — **Pringsheim**: Physik der Sonne, mit Experimenten, 1 *g*. — **Martens**: Spektralanalyse und Photometrie (mit Experimenten), 1 *g*. — **Lummer**: Ausgewählte Kapitel aus der Licht- und Wärmestrahlung, 1 *g*. — **Aschkinass**: Elektrische und magnetische Messmethoden (mit Demonstration der Apparate), 2. — **Slaby**: Elektrotechnik (mit Demonstrationen), 2. — **E. Meyer**: Einführung in die Technik, für Studierende aller Fakultäten, 2; Technische Exkursionen, *g*. — **Blasius**: Übungen im Anschluss an das physikalische Praktikum, 1 *g*; Physikalischer Kurs für Mediziner, $3\frac{1}{2}$. — **v. Bezold**: Theoretische Meteorologie (Thermodynamik der Atmosphäre), 2; Meteorologische Übungen, tägl.; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Less**: Praktische Witterungskunde, 2. —

Will: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie, 1 *g*. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Meyerhoffer**: Elemente der höheren Mathematik für Chemiker, 1. — **Jahn**: Experimentelle und theoretische Elektrochemie, 3. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Gabriel**: Qualitative und quantitative chemische Analyse, 2. — **Landolt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Universitäts-Laboratorium, tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten (mit Jahn), tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Experimentalchemie, 4. — **H. Traube**: Mineralchemie, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie der selteneren Elemente mit Experimenten, 2. — **Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Harries, Pschorr und Ruff), tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, Farbstoffe, Alkaloide u. s. w., 5; Leitung experimenteller organisch-chemischer Arbeiten, tägl. — **Buchner**: Einführung in die organische Experimentalchemie, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule, tägl. — **Harries**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 1. — **Wohl**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **W. Traube**: Ueber Alkaloide, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **Thoms**: Über die Grundzüge der Nahrungsmittelchemie mit Einschluss der Harnanalyse, 2; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wichelhaus**: Chemische Technologie I: Anorganische Stoffe, mit Experimenten und Exkursionen, 4; Übungen im technologischen Institut, tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Die anorganischen Stoffe, mit Demonstrationen, 4; Über Steinkohlenteer und Teerfarbstoffe, 1 *g*. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Praktische Übungen in der Gas- und Massanalyse, 3. — **Ruff**: Kolloquium über anorganische Chemie, 2. — **Pschorr**: Kolloquium über organische Chemie. — **Schotten**: Kolloquium über ausgewählte Kapitel der physiologischen und technischen Chemie, 2 *g*. —

Schwarz: Synthetische Geometrie, 4; Ausgewählte Kapitel der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematische Kolloquien, zweiwöchentlich, 2 *g*. — **Frobenius**: Analytische Geometrie,

4. — **Hensel**: Differentialrechnung, 4; Höhere Zahlentheorie (allgemeine Theorie der idealen Zahlen und der Einheiten), 4; Über die Axiome der Geometrie und die verschiedenen möglichen Geometrien, zweiwöchentlich, 2 *g*. — **Knoblauch**: Integralrechnung, 4; Über angenäherte Berechnung bestimmter Integrale, 1 *g*; Theorie und Anwendung der Determinanten, 4. — **Landau**: Höhere Algebra (Gruppen- und Substitutionentheorie), 4, Übungen, zweiwöchentlich, 2 *g*; Über die Bestimmung der Klassenzahl binärer quadratischer Formen, 1 *g*. — **Fuchs**: Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4. — **Hettner**: Über unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2. — **Lehmann-Filhés**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Foerster**: Grundzüge der naturwissenschaftlichen Erkenntnistheorie, 1 *g*; Astrometrie mit abendlichen Übungen auf der Sternwarte, 4; Übungen in der Berechnung von Messergebnissen nach den Regeln der Fehlertheorie, 1½ *g*. — **Marcuse**: Allgemeine Himmelskunde mit Lichtbildern, für Studierende aller Fakultäten, 1½; Theorie und Anwendung astronomischer Instrumente, besonders für die Zwecke geographischer Ortsbestimmungen, 1½; Kolloquium über ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Geographie und nautischen Astronomie, für Mathematiker, Geographen, Navigationslehrer u. s. w., 1½; Astronomische Demonstrationen auf der königl. Sternwarte und Exkursionen in mechanisch-optische Werkstätten zum Zwecke der Instrumentenkunde. — **Bauschinger**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3, Übungen 1½ *g*; Theorie der astronomischen Refraktion, 1 *g*. — **Battermann**: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1½. — **Scheiner**: Ausgewählte Kapitel der Astrophysik, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Helmert**: Höhenmessung, 1; Anwendung der kürzesten Linie auf die Geodäsie 1 *g*. —

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Praktikanten der chemischen Laboratorien, 2; Mathematische Physik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, Übungen, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (Physikalische Messungen), 4. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2, Übungen, *g*; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 4; Theorie und Berechnung der Wechselstrommaschinen, 2. — **W. Hartmann**: Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2; Kinematische Geometrie und Kinematik, 2. — **Klingenberg**: Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2; Bau und Betrieb von Gasmaschinen, Übungen 2; Bau und Betrieb von Automobilfahrzeugen, 2; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3. — **Roessler**: Ausgewählte Kapitel der Elektrotechnik, 2; Fernleitung von Wechselströmen, 2; Wärmemechanik, Übungen, 18; Elektrische Bahnen, 2. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Elektrotelegraphie mit Experimenten, 1; Elektrotechnische Messkunde, 2; Beleuchtungstechnik und Anlagen, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Verkehrsunternehmungen, 2; Elektrische Sicherheitstechnik für Starkstromanlagen und Bahnen, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Fr. Vogel**: Galvanische Elemente und Akkumulatoren, 2. — **Heyn**: Mechanische Technologie I, 2, II, 2, Übungen, 2; Die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Verarbeitung mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie, 2 *g*. — **Hörmann**: Spezielle mechanische Technologie (Spinnerei, Weberei), 4; Werkzeugmaschinen, 2; Allgemeine mechanische Technologie, 2. — **Josse**: Übungen im Maschinenlaboratorium I, 1, Übungen, 4, II, 6, III, 10. — **Kammerer**: Hebemaschinen (Winden, Krahne), 4; Maschinenbau (mit Riedler), 4, Übungen, 4. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 4. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, Übungen, 4; Dampfkessel, 2, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt (Spezieller Teil, selbständige Ausführung von Festigkeitsversuchen), 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **N. N.**: Eisenbahnmaschinenbau, insbesondere Lokomotiv- und Wagenbau, 4, Übungen, 4; Abriss der Verkehrsmittel auf Eisenbahnen u. s. w., 2; Maschinenkunde II, 2, Übungen, 3; Maschinenkunde II: Kraft- und Arbeits-, insbesondere Baumaschinen, 4, Übungen, 4. — **N. N.**: Tiefbau-Elemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Reichel**: Maschinenelemente, 1, Übungen, 8; Wasserkraftmaschinen, 4, Übungen, 4. — **Riedler**: Maschinenlehre, 2, Übungen, 6. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 2, Übungen, 8; Entwerfen von Arbeitsmaschinen, Übungen, 4. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 4. — **Buhle**: Massentransport, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Verkehrsmittel auf Eisenbahnen (ausgewählte Kapitel), 2. — **Heinel**: Konstruktion der Kühl- und Eismaschinen, 3, Übungen, 3. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. —

v. Buchka: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Herzfeld**: Zuckeruntersuchungen, Übungen, 2; Chemie der Ernährung der Pflanze, 2. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie, 4. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, cyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide u. s. w., 6; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **N. N.**: Spezielle anorganische Chemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technologischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Mineralöle und übrigen Naphtaprodukte (Benzin, Petroleum, Schmieröl, Paraffin u. s. w.), 2; Praktikum in der Untersuchung der Fette, Öle und Naphtaprodukte, 2. — **Jurisch**: Entwerfen von chemischen Anlagen, Übungen, 4. — **Miethe**: Spektralanalyse mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16) Lichtpausübungen, 2- oder 4wöchige Kurse. — **Frentzel**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2. — **Junghahn**. Technologie der Proteinstoffe: Albumine (Eiweiss, Casein, künstliche Nahrungsmittel u. s. w.), mit Exkursionen, 2. — **Kühling**: Massanalyse, 2; Stöchiometrie, 1. — **Stavenhagen**: Quantitative Analyse, 2. — **Täuber**: Färbepraktikum, 2. — **Voswinckel**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Wolffenstein**: Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4; Über ein Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 1 *g*. — **Hamburger**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie, 2; Niedere Analysis und Algebra, 4. — **Hauck**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Kegelschnitte, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2, Übungen, 1; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluss), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 4; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 2; Spektralanalyse, 1. —

Friedheim: Spezielle anorganische Chemie, 3; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Chemische Technologie

der Brennstoffe und landwirtschaftlichen Gewerbe (mit Exkursionen), 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum für Anfänger), tägl. ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie, 6; Repetitorium der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Die Konservierung der Nahrungs- und Genussmittel durch Chemikalien und Nachweis der letzteren, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genussmitteln. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der Chemie der carbo- und heterocyklischen Verbindungen, für Vorgerücktere, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten im Privatlaboratorium; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Besprechung anorganischer Laboratoriumsarbeiten, 1. —

Graf: Kugelfunktionen (mit Repetitorium), 4; Bessel'sche Funktionen (m. Repetitorium), 3; Funktionentheorie, 2; Gammafunktionen, 2; Differential- u. Integralrechg., 2; Politische Arithmetik, 2; Mathematisch. Seminar (m. Huber), 2; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar (mit Moser), 1. — **G. Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Raumkurven und abwickelbare Flächen, 2. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie I, 2. — **Beneli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, Übungen auf dem Terrain, 3. — **Moser**: Das Makeham'sche Gesetz und seine Bedeutung für die Versicherungsrechnung, 1–2. — **Crelier**: Géométrie synthétique I, 2 *g*. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach), 8. — **Hagenbach**: Physikalische Messungen mit Berücksichtigung des Praktikums, 2. — **Pflüger**: Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Bucherer**: Die Elektronentheorie mit Einführung in die Vektoranalysis (Kathodenstrahlen, Zeemansches Phänomen), 2 *g*. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Allgemeine und anorganische Chemie, 5; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schroeter**: Cyklische Kohlenstoffverbindungen II; Heterocyklische Substanzen, 2; Praktikum über organische Farbstoffe (mit Binz), 3. — **Pauly**: Über Abkömmlinge der Kohlensäure, 1. — **Rimbach**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Polarimetrie und Refraktometrie und ihre Anwendungen in der Chemie (mit Übungen), 1; Übungen in der mikrochemischen Analyse, 2 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), 3 *g*. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Nahrungsmittelchemie, 2; Galenische Präparate, 1 *g*. — **Binz**: Organische Farbstoffe mit Berücksichtigung der Patentlitteratur, 1. — **Löb**: Physikalische Chemie I: Die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl., *g*. — **Heusler**: Chemische Technologie für Juristen und Kameralisten (mit Exkursionen und Demonstrationen in der Düsseldorfer Ausstellung), 2. —

Lipschitz: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Kortum**: Funktionentheorie, 4; Unendliche Reihen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Hefftер**: Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Darstellende Geometrie: Parallelprojektion, mit Zeichenübungen, 5. — **Küstner**: Theorie und Praxis der astronomischen Instrumente, 3; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl.; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. — **Deichmüller**: Theorie des astronomischen Fernrohrs, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, 2 mal wöchentlich, *g*. — **Mönnichmeyer**: Chronologie, 1. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm), 2; Experimentalphysik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 1. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Cruse), 6. —

R. Meyer: Technologische Übungen, 2; Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im Laboratorium für analytische und technische Chemie (mit Biehringer und Maier). — **Biehringer**: Analytische Chemie (für technische Chemiker), 2; Stöchiometrische Rechnungen, 1; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Chemie der Metalle, 2. — **Bodländer**: Elektrochemie, 2; Metallurgie, 2; Chemische Technologie I, 5; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Zuckertechnik, 2; Die besonderen Methoden der Zuckerherstellung, 4; Betriebsstörungen in der Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik. 2; Arbeiten im Laboratorium für Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik (mit Grevel). — **Pommer**: Anbau und Pflege der Zuckerrübe, 2. — **Schultze**: Agrikulturchemie, 2. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 2; Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Pharmazeutische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger und Frerichs). — **Troeger**: Analytische Chemie (für Pharmazeuten) in zwei Kursen, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Gasanalyse, 1. — **Linde**: Pharmakogn. Praktikum, 3. — **Degener**: Chemie der Rübe und der Rübensaftreinigung, 3. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 3; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Geometrie der Bewegung, 3; Stereometrie, 1. — **Wernicke**: Statik starrer und elastischfester Körper (für Architekten), 5, Übungen, 2. — **Schöttler**: Technische Mechanik I, 5, Übungen, 2; Angewandte Wärmemechanik, 3; Messungen an Maschinen (mit Schmidt). — **Denecke**: Technische Mechanik III, 4, Übungen, 1; Betriebsmittel für Strassen und Eisenbahnen, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 2; Maschinenkonstruieren II, Übungen, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 4. — **Querfurth**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, 2; Berechnung und Bau der Dampfmaschinen, 3; Theorie und Konstruktion der Pumpen und Gebläse, 2; Maschinenkonstruieren III, 8. — **Friedmann**: Grundzüge des Maschinenbaues, 2; Maschinenelemente, 4; Theorie der Regulatoren, 3; Maschinenkonstruieren I, 10. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Werkzeugmaschinen, 2; Entwerfen von Werkzeugmaschinen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Mühlenwesen, 3; Technologische Übungen, 2. —

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Experimentalphysik I; Mechanik, Akustik, Optik, 4; Lehre von der Wärme, 1 *g*; Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium (mit Neumann), 3, 6 bezw. tägl. — **Neumann**: Theoretische Physik II: Hydromechanik, 4, Übungen, 1 *g*. —

Ladenburg: Allgemeine Experimentalchemie, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktisch-chemische Übungen a) (mit Abegg), tägl. ausser Sonnabend, b) für Mediziner, c) für Landwirte. — **Abegg**: Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1; Elektrochemie, 2; Die Molekularverbindungen, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Scholtz**: Die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Ahrens**: Technologie der Brennstoffe, Teerprodukte und künstlichen Farbstoffe, 4; Technologie der Gärungsindustrieen, 2; Technische Gasanalyse, 1 *g*; Chemisch-technisches Praktikum nebst Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. ausser Sonnabend. — **Herz**: Chemische Verwandtschaftslehre (ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie), 1; Analytische Chemie, 2. — **Poleck**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Die Gifte in chemischer und forensischer Beziehung, 3; Massanalyse, 2; Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, Benzolderivate, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Hygiene, tägl. ausser Sonnabend. —

Rosanes: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Neuere Methoden der analytischen Geometrie, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars über bestimmte Integrale,

1 bis 2 *g*. — **Sturm**: Elemente der Liniengeometrie, 3; Geometrische Abschnitte der Mechanik, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **London**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Franz**: Einleitung in die Geodäsie, 1 *g*; Rotation, Präzession, Nutation, Libration, Figur und Flut der Himmelskörper, 2; Astrophysik: Spektralanalyse, Photometrie und Photographie der Gestirne, 2; Astronomisches und geodätisches Praktikum, 2. —

Technische Hochschule Brünn.

N. N.: Physik, 5; Elektrizitätslehre, 3. — **Tuma**: Physik, 3; Physikalisches Praktikum, 4. — **Niesel v. Mayendorf**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 3; Spezielle Elektrotechnik: Elektrotechnische Konstruktionen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 2; Elektrotechnische Arbeiten. —

Habermann: Organische Chemie, 6; Analytische Chemie I: Allgemeiner Teil, 2; Chemische Übungen I 10, II, 20. — **Hönig**: Chemische Übungen III, 20; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 3; Enzyklopädie der technischen Chemie, 4; Technische Warenkunde der nichtorganischen Rohstoffe, 2. — **Donath**: Chemische Technologie I, 6, II, 6, III, $1^1/_2$; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, 20. — **Weinreb**: Spezielle Färberei und Zeugdruckerei, 2. — **Frenzel**: Elektrochemie II: Anwendungen, 2. — **Mikosch**: Technische Mikroskopie, 1, Übungen, 2; Technische Warenkunde der organisierten Rohstoffe, 3, mikroskopische Übungen, 4. —

Waelsch: Grundlehren der höheren Mathematik, 5; Mathematische Übungen, 2. — **Biermann**: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik II, 3, Übungen, 1; Mathematische Näherungsmethoden, 2; Über konforme Abbildungen, 1. — **Rupp**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Übungen, 4; Ausgewählte Partieen aus dem Gebiete der darstellenden Geometrie, 2. — **Obenrauch**: Geschichte der Geometrie, 1. —

Universität Czernowitz.

Handl: Ausgewählte Kapitel der Experimentalphysik, 2; Praktisch-physikalische Übungen, 6 *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*; Mathematisch-physikalisches Proseminar, 2 *g*. —

Pribram: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 5; Chemische Übungen, für Anfänger, halbtägig, täglich ausser Sonnabend; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. ausser Sonnabend, *g*. —

Puchta: Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 2; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die Geometrie, 3; Seminar für Mathematik, 2 *g*. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum, 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Zeissig**: Experimentalphysik, 4; Repetitorium der Experimentalphysik für Pharmazeuten, 1. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium; Physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten. — **Meisel**: Grundzüge der Kartenprojektionslehre, 1, Übungen 2; Theorie der optischen Instrumente II, 2. — **Forch**: Berechnung physikalischer Aufgaben, 1. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4, Übungen, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium, 6 halbe Tage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Elektrotechnik. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Greim**: Mathematische Geographie in elementarer Behandlung, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie und Klimatologie. — **Lincke**: Maschinenelemente, 6; Konstruktions-Übungen zu Maschinenelementen, 9. — **Berndt**: Konstruktions-Übungen in Maschinenelementen, 3; Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahn-Maschinenbau I, 3; Eisenbahn-Maschinenbau II, 2; Übungen zu Werkzeugmaschinen und zu den Elementen des Lokomotivbaues, 3; Gasmotoren, 2; Maschinenbau-Praktikum I, 3. — **Krauss**: Mechanische Technologie I, 2, II, 4; Arbeiterschutz, 2; Hüttenmaschinen, 1. — **Gutermuth**: Dampfkessel, 2; Pumpmaschinen, 4; Gebläse und Kompressoren, 2; Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau-Praktikum II, 3. — **Pfarr**: Regulatoren zu Wasserkraftmaschinen, 1; Maschinenbau-Praktikum III; Fabrikanlagen, 2; Konstruktions-Übungen zu Hebemaschinen, Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Papierfabrikation und deren Maschinen, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Elektrochemisches Kolloquium, 1; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker, tägl. ausser Sonnabend; Chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum, täglich ausser Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Farbstofflaboratorium. — **Kolb**: Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Heyl**: Elemente der organischen und Agrikultur-Chemie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Krausser**: Pharmakognosie, 1, Übungen, 1. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Chemisch-technisches Kolloquium, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8. — **Vaubel**: Theoretische Chemie, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1. — **Neumann**: Die Nutzmetalle, 1; Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2; Elektroanalyse, 1. —

Gundelfinger: Höhere Mathematik I, 5, Übungen 3; Analytische Übungen; Repetitorium der höheren Mathematik I und II, 1. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen 2; Mechanik I, 5, Übungen 1; Repetitorium der Mechanik, 1; Reine Kinematik mit Übungen, 2. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen 3; Ergänzung zu der Vorlesung über höhere Mathematik I, 2; Elemente der höheren Algebra, mit Übungen, 2. — **Wiener**: Ebene Kurven und Raumkurven in geometrischer Behandlung mit Anwendungen auf Technik und Kunst und Technik, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen 6; Arbeiten im mathematischen Institut. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker, Elektrochemiker und Geometer, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Graefe**: Repetitorium der Elementarmathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker und Elektrochemiker, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum I, 3, II, 6 oder 9; Praktikum für grössere physikalische Arbeiten, 20. — **Toepler**: Einleitung in die Theorie des Potentials und der stationären elektrischen Strömung, 2. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie und Kolloquium über wissenschaftliche Photographie, 3; Lichtpausen, kürzerer Kursus, 2 *g*. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II: Dynamomaschinen, Transformatoren, Elektromotoren, Kraftverteilung, 2; Theorie des Wechselstromes, 3; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnisches Laboratorium, 30; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen II, 2; Elektrische Arbeitsübertragung, 2; Entwerfen von Dynamos, 4; Die Starkstromtechnik im Eisenbahnwesen und Werkstättenbetrieb I, 1. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3 *g*. — **Scheit**: Maschinenelemente für Maschinen- und Elektroingenieure, 5, für Bauingenieure, 3; Maschinenkonstruieren (Maschinenelemente) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10, für Bauingenieure, 4; Hebemaschinen, 2; Maschinenkonstruieren (Hebezeuge) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Untersuchung von Baumaterialien, 3; Festigkeitslehre für Maschinen- und Elektroingenieure, 3. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre (Kraftmaschinen), 4; Technisches Zeichnen für die mechanische und chemische Abteilung, 4; Skizzieren, 4; Appreturmaschinen, 2. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen (Fortsetzung), 4; Wasserkraftmaschinen, 3; Maschinenkonstruieren für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Arbeiten im Maschinen-Laboratorium A mit Kolloquium (mit E. Le-

wickl. 3. — **Mollier**: Technische Thermodynamik II: Gas- und Kältemaschinen, 4; Kinematik II, 2, Übungen, 3; Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 3; Grössere Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 24. — **Ernst Müller**: Allgemeine mechanische Technologie I, 3; Papierfabrikation, 3; Praktikum für Faserstofftechnik, halbtägig; Übungen im Aufnehmen und Berechnen von zusammengesetzten Arbeitsmaschinen (für Fabrikingenieure), 3 *g*. — **Grübler**: Technische Mechanik II, 6, Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2 *g*.

Hempel: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, qualitative Analyse, 12; quantitative Analyse, technische Titriermetheden, Gasanalyse, ganztägig. — v. **Meyer**: Organisch-technische Chemie I: Chemische Technologie der Fette und Öle: Fabrikation von Seife, Kerzen, Glycerin, Sprengstoffe, Lederbereitung, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Möhlau**: Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe I, 2; Praktikum für Farbenchemie und für Färbereitechnik, halbtägig, für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie, ganztägig. — **Bucherer**: Einführung in das allgemeine Patentwesen, 1; Chemisch-technische Tagesfragen, erörtert an Hand der neueren Patentlitteratur, 1 *g*. — **F. Foerster**: Chemische Technologie des Glases, der Thonwaren, der Bausteine und des Mörtels, sowie des Cements (mit Exkursionen), 2; Physikalische Chemie 1 (zugleich Einführung in die Elektrochemie), 2; Praktikum für Elektrochemie, 12, für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig. — **Lottermoser**: Chemie der Colloide, 1; Anwendung der Titriermethoden in der Technik, 1. — **Erich Müller**: Reduktion und Oxydation durch Elektrolyse, 1. — **Schlossmann**: Die Untersuchung der wichtigsten Körperflüssigkeiten (Milch, Harn u. s. w.), mit Übungen, 2. — **v. Walther**: Moderne Theorien der organischen Chemie (Stereochemie, Benzoltheorie), 1; Metallorganische und organische Phosphor-Arsen-Antimon-Verbindungen u. s. w., 1. —

Fuhrmann: Differential- und Integralrechnung, 5; Anwendungen der Elementarmathematik, 2; Geodätisches Praktikum, 4; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Hegar**: Raumkurven III. Ordnung, 1 *g*. — **Helm**: Analytische Geometrie I, 3, Übungen, 1; Elektrodynamik nach ihrer geschichtlichen Entwickelung, 2; Dioptrik, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Integralrechnung, 5, Übungen, 2; Elemente der Theorie der doppelt periodischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Analytische Theorie der Kurven und krummen Flächen, 3; Sphärische Trigonometrie, 2. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 1; Sphärische Astronomie, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, Übungen, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4; Grössere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. — **Rohn**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Kurven und Flächen 2. Grades, 2 *g*. — **Stutz**: Planzeichnen II, 2; Technisches Zeichnen für Ingenieure, 6. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (Chemiker, Mediziner u. s. w.), 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 44; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Theoretische Physik I: Mechanik, Hydrodynamik, Wärme und Akustik, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Wehnelt**: Elektrotechnik, 2. —

Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Busch), a) Halbpraktikum, 20, b) Vollpraktikum, 40. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin, 3; Ausmittelung von Giften (einschliesslich der pharmazeutischen Chemie der Alkaloide), 1; Chemisches Praktikum, a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24; Praktischer Kurs für Studierende der Pharmazie, 20; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genussmittel, a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24 bezw. 20. — **Busch**: Chemische Technologie: Anorganische Grossindustrie, Metallurgie (mit Exkursionen), 2. — **Henrich**: Über Arbeits- und Forschungsmethoden der organischen Chemie, mit Experimenten, 2. — **Jordis**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, mit Demonstrationen, 1; Einführung in die Elektrochemie, mit Demonstrationen, 1. —

Gordan: Differentialgleichungen, 4; Algebra, 4; Übungen, 3 *g*. — **Nöther**: Synthetische Geometrie mit Übungen, 3; Differentialgeometrie der Kurven und Flächen, 3; Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, 3. —

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 15; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **G. Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Spektralanalyse, 2; Spektralanalytisches Übungspraktikum, einmal wöchentlich *g*; Selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen für Geübtere, tägl. — **Koenigsberger**: Mechanik der festen und flüssigen Körper, 2; Anwendung neuerer physikalischer Theorien in Geologie und Mineralogie, 1. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Grundzüge der Gasanalyse, 1 *g*; Chemisches Seminar, 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. ausser Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für Lehrer der Chemie (mit Rupp), 2 *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organische Technologie, 2; Analyse der Nahrungs- und Genussmittel, 2. — **Edinger**: Chemie der aliphatischen Verbindungen, 2. — **Fromm**: Über qualitative Analyse, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2. — **Müller**: Theoretische Chemie (anorganischer Teil), 2; Qualitative Analyse, 2. — **Rupp**: Chemie der Teerfarbstoffe, 1. — **Meigen**: Geschichte der chemischen Theorien, 2. —

Lüroth: Integralrechnung, 5, Übungen, *g*; Variationsrechnung, 3. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen; Bestimmte Integrale, 3. — **Loewy**: Einführung in die höhere Mathematik mit Anwendungen auf Fragen der Naturwissenschaften, 2; Ausgewählte Fragen der Gruppentheorie, 2; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Rebmann**: Trigonometrie, 3. —

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4½; Physikalisches Praktikum, 6; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium. — **Fromme**: Thermodynamik, 4; Niedere Geodäsie, 2, praktische Übgn., 1 Nachmittag. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Eidmann), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schröder**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Eidmann**: Pharmazeutisch-chemische Präparate I, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit Exkursionen, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, 5; Die synthetischen Darstellungsmethoden der Kohlenstoffverbindungen, 2; Chemisches Kolloquium, 1½. — **Klappert**: Chemisches Repetitorium, 2. —

Pasch: Algebra, 4; Ausgewählte Teile der analytischen Geometrie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Netto**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elliptische Funktionen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Haussner**: Integralrechnung, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Darstellende Geometrie mit Übungen, 5. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I, 3; Physik. Übungen, 8; Ausgew. Teile d. Elektrizität u. d. Wärme, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschritt., 40 *g*. — **Voigt**: Allgem. Wärmelehre, 4; Praktische Übgn., 4; Magnetismus, 2 *g*; Wissenschaftliche Untersuchungen für Vorgeschrittene, 40 *g*. — **Simon**: Wechselstromtheorie und -Technik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Ausgewählte Kapitel der angewandten Elektrizitätslehre, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 48 *g*. — **Kaufmann**:

Übungen in der Handhabung und Herstellung einfacher Demonstrationsapparate, 3; Physikalische Grundlagen der Musik, 1 *g.* — **Abraham**: Kinetische Gastheorie 2; Übungen zur höheren Analysis, 2. — **Stark**: Energetische Grundzüge der Physik und Chemie, 1 *g.* —

Nernst: Elektrochemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, tägl.; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Lektüre ausgewählter Klassiker der exakten Wissenschaften, 1 *g.* — **Coehn**: Thermochemie, 2. — **Bose**: Elektrochemische Messkunde, 2. —

Wallach: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Laboratorium, 20—40; Chemie der Terpene, 1 *g.* — **Tollens**: Agrikulturchemie (Pflanzenernährungslehre), 3; Agrikulturchemisches Praktikum (mit Hugershoff), 30 ($12\frac{1}{2}$). — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil), 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Fischer**: Chemische Technologie I, 2; Chemisch-technologische Übungen, 1 *g.* — **Kötz**: Analytische Chemie, 2; Moderne anorganische Chemie, 2. — **Manchot**: Stereochemie, 1; Moderne anorganische Probleme, 1. —

Klein: Höhere Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Hilbert**: Differential- und Integralrechnung, 4; Grundlagen der Geometrie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Potentialtheorie, 2; Funktionentheoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g.* — **Brendel**: Ausgewählte Kapitel der höheren Analysis, 3; Übungen zur höheren Analysis (mit Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Probleme), 2; Gyldensche Störungstheorie, 3 *g.* — **Schilling**: Analytische Geometrie, 4; Photogrammetrie und malerische Perspektive, 1, Übungen, 2; Seminarübungen über Geometrie, 1 *g.* — **Wiechert**: Einführung in das Vermessungswesen, 4; Geophysikalisches Praktikum, *g*; Selbständige Arbeiten Vorgeschrittener im geophysikalischen Institut, *g.* — **Schwarzschild**: Theorie der optischen Instrumente, 2; Populäre Astronomie, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Klein), 2 *g.* — **Bohlmann**: Soziale Versicherung, 2; Übungen im Versicherungsseminar, 2 *g.* — **Ambronn**: Sphärische Astronomie II, 2; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte für Anfänger und für Fortgeschrittene, tägl. — **Zermelo**: Variationsrechnung, 2; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 2; Übungen zur höheren Analysis, 2. — **Blumenthal**: Galoissche Theorie der algebraischen Gleichungen, 3. — **Lorenz**: Praktikum im Maschinenlaboratorium, $3\frac{1}{3}$; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Hydromechanik, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Maschinenlaboratorium, 3 *g.* —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik II: Akustik, Elektrizität und Optik, 5; Physikalische Übungen, 12 *g.* — **Wassmuth**: Elektrizität und Magnetismus mit Einschluss der elektromagnetischen Lichttheorie, 4; Theorie der Brechung des Lichtes in Prismen und Linsen, 1; Mathematisch-physikalische Seminar-Übungen, 3 *g.* — **Subic**: Über Vorhersagung des Wetters, 2. —

Skraup: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Streintz**: Elektrochemie, 2; Die Leitfähigkeit fester Körper, 1 *g.* — **Schrötter**: Chemie der carbocyklischen (aromatischen) Verbindungen, 3. —

Frischauf: Differentialgleichungen, 3; Anwendungen der Kugelfunktionen, 2. — **Dantscher v. Kollesberg**: Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Streissler**: Darstellende Geometrie II, 3. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, Akustik, Optik, 5; Ausgewählte Kapitel der Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnische Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Über Leitfähigkeit fester Körper, 1; Elektrochemie, 2. —

Emich: Organische Chemie I, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene. — **Andreasch**: Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 18; Agrikulturchemie, 2; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Technologie der Fette, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20. — **Benj. Reinitzer**: Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe: Glas- und Thonwarenerzeugung, 4; Elektrochemie, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20. — **v. Hemmelmayr**: Die Ermittelung der Konstitution organischer Verbindungen, 2. — **Kraft**: Mechanische Technologie I: Metalle, Holz und Stein, 2, II: Metalle und Holz, 2, III: Spinnerei, Weberei, Appretur und Papierfabrikation, 2; Mechanische Schutzmittel gegen Unfälle, 2. — **Friedr. Reinitzer**: Technische Mykologie: Technisch wichtige, gärungserregende Bakterien, Hefen- und Schimmelpilze, 2; Warenkunde: Chemisch-technische Rohstoffe des Pflanzen- und Tierreiches, 3. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik II, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel aus darstellender Geometrie, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik (einschliesslich der Elemente der graphischen Statik) II, 4, Übungen, 1; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie II, 4; Sphärische Astronomie, 2; Praktische Messübungen: Niedere Geodäsie (Felddübungen). —

Universität Greifswald.

König: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchgn., tägl.; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit Mie), 2 *g.* — **Mie**: Theoretische Physik: Elektrizitätslehre, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Holtz**: Galvanische Elektrizität, experimentell, 1; Physik der Erde, mit Experimenten, 1 *g.* — **Schreber**: Theorie der Turbinen, 1; Mathematische Einleitung in die theoretischen Naturwissenschaften, 2. —

Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Chemie der Teerfarbstoffe, 1 *g.* — **Schwanert**: Pharmazie II, 4; Analytische Chemie, 2; Besprechungen über pharmazeutisch-chemische Gegenstände, 4 *g*; Über neuere chemische Arzneimittel, 1 *g*; Chemisches Praktikum, a) für Pharmazeuten, 12, b) für Chemiker und Mediziner, 6. — **Semmler**: Über Alkaloide, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie (Fortsetzung), 1 *g.* — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2. —

Thomé: Elliptische Funktionen II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g.* — **Study**: Mechanik I, 4; Ausgewählte Abschnitte der Theorie der Differentialgleichungen, 2 *g*; Übungen im Seminar, *g.* — **Kowalewski**: Integralrechnung, 4, Übungen 1 *g*; Einführung in die Theorie der Kurven und Flächen (Differentialgeometrie), 2; Repetitorium der analytischen Geometrie (mit Besprechungen), 2 *g.* —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, tägl.; Linsentheorie, 2 *g.* — **Schmidt**: Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 4; Übungen zur theoretischen Physik, *g.* —

Volhard: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), tägl. ausser Sonnabend; Übungen in Vortrag und Demonstrationen, 1 *g.* — **Doebner**: Pharmazeutische Chemie I: Unorganische Chemie, 4; Über neuere Arzneimittel, 1 *g.* — **Baumert**: Einleitung in das Studium der Chemie, 2; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl. ausser Sonnabend. — **Vorländer**: Analytische Chemie, 2. — **Roloff**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation und ihre Anwendung auf die chemische Praxis, 2. — **Köthner**: Über Atomgewichtsbestimmungen, 1 *g.* —

Cantor: Ausgewählte Kapitel der Theorie der ellip-

tischen Funktionen, 2; Höhere Algebra, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Wangerin**: Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Theorie der Raumkurven und Flächen, 5; Analytische Mechanik II, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Eberhard**: Invariantentheorie, 3; Höhere algebraische Kurven, 2 *g.* — **Grassmann**: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 3; Übungen zur technischen Mechanik, 1 *g.* — **Buchholz**: Jacobis Untersuchungen zur Theorie der Bewegung der Himmelskörper und über deren Bahn, 3. —

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **Precht**: Photographieren, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik 3. Theoretische Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Heyck und Winkelmann), 2; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Heyck, Winkelmann und Schüppel), I, 8, II, nach Übereinkunft, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II: Centralanlagen, 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, elektrotechnischer Teil, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Messkunde I, 2. — **Thiermann**: Günstigste Anordnung elektrotechnischer Messungen und die Einflüsse der Fehler auf das Resultat, 1. — **Franke**: Wechselstrommaschinen, 2. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Wegener und Ryssel), 4, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel), 3, Übgn., 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium I (mit Aschof, Elbelt und Heering), 1, Übungen, 8, II, Übungen, 8; Theoretische Maschinenlehre: Kinematik (mit Aschof), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Burkowitz), 3, Übgn., 4; Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, 2; Fabrikanlagen und Eisenbahnwerkstätten, Übungen, 3. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre II (mit Burkowitz), 4; Hebezeuge und Pumpen (mit Burkowitz), Übungen 4; Wasserhaltungs-Förder- und Gebläsemaschinen, 3. — **v. Roessler**: Maschinenzeichnen (mit Aschof, Burkowitz und Wegener), 3; Technologie der Kunstgewerbe, 2; Spezielle Technologie II, 2; Fabrikationszweige der Textilindustrie, 3; Technolog. Praktikum, Übungen, 3.

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Jänecke und Klapproth), tägl. ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Massanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Keiser), tägl. ausser Sonnabend. — **Ost**: Chemische Technologie II, 3; Untersuchungsmethoden, 1; Mineralöle und Fette, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl. ausser Sonnabend. — **Wehmer**: Die Gärungsorganismen, 1 *g*; **Laves**: Nahrungsmittelchemie, 2 *g.* —

Kiepert: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übgn., 2; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung I, 3, Übungen, 1, III, 5, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 4. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters, Ahlf und Weber), 3, Übungen, 6, I, 3, Übgn., 6. — **Prandtl**: Mechanik I, 4, Übungen, 1. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), Übgn., 3; Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung mit Übungen (mit Petzold), 2. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Übungen des physikalischen Seminars, 1 *g.* — **Wolf**: Meteorologie, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Ebbe und Flut, Erdmagnetismus, 1 *g.* — **Pockels**: Einführung in die Mechanik der nichtstarren Körper: Hydrodynamik, Elastizität, Akustik, 3, Übungen, 1 *g*; Krystallphysik, 2. —

Curtius: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner, 3; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 1. — **Brühl**: Anorganische Chemie mit Experimenten, 3; Praktische Übungen, tägl. ausser Sonnabend; Medizinisch-chemische Übungen, tägl. ausser Sonnabend. — **Jannasch**: Titrier-Analyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 4; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie (organische Prozesse) mit Ausflügen, 2. — **Bredig**: Elektrochemie, 2; Kontaktchemie, die Lehre von den katalytischen Erscheinungen in der wissenschaftlichen und technischen Chemie und in der Biologie, 1. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen, tägl. ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Chemie der Metalle, 2; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, a) ganztägig, b) halbtägig (für Anfänger und Mediziner); Ferienkurse: a) Chemisches Praktikum, ganztägig, in den Osterferien im März, nach Semesterschluss beginnend, in den Herbstferien von Mitte September bis Mitte Oktober, b) Chemisches Praktikum für Mediziner dreiwöchentlich im März und Oktober. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 2; Qualitative Analyse, 2; Chemie der heterocyklischen Verbindungen, 2. — **Klages**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 2. —

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der Linien und Flächen, 4; Mathematisches Unter- und Ober-Seminar, 2. — **Valentiner**: Sphärische Astronomie, 3; Allgemeine Astronomie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Stellar-Astronomie II, 1. — **Cantor**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Arithmetik und Algebra (für Kameralisten), 3. — **F. Eisenlohr**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Mechanik, 4. — **Koehler**: Synthetische Geometrie der Ebene, 3. — **Landsberg**: Theorie der Determinanten, 2; Zahlentheorie, 2. — **Boehm**: Ausgewählte Kapitel der höheren Mechanik: Kreiselbewegung, verborgene Bewegung, eventuell rollende Bewegung, 1 oder 2. —

Universiät Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 6, b) für Mediziner, 4, c) für Chemiker, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen, tägl. — **Abbe**: Wird nicht lesen. — **Auerbach**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Absolute Maasse, 1 *g.* — **Straubel**: Geophysik II, 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum (mit Wolff, Duden und Rabe), a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, tägl.; c) Medizinerpraktikum, 3, d) Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g.* — **Wolff**: Massanalyse, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Duden**: Die modernen Theorien der Chemie, 1. — **Gaenge**: Gerichtliche Chemie, 1; Praktische Übungen in der Verwendung optischer Instrumente zu chemischen Untersuchungen, 2 *g.* — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I, 2; Untersuchung und Beurteilung der Nahrungs- und Genussmittel, tägl. — **Rabe**: Gasanalyse, 1. —

Thomae: Elliptische Funktionen, 4; Projektive Geometrie, 2; Anwendungen elliptischer Funktionen, 1 *g.* — **Gutzmer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Variationsrechnung, 3; Die geschichtliche Entwickelung der Analysis, 1 *g.* — **Frege**: Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 5. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Übungen im wissenschaftlichen numerischen Rechnen, 2 *g*; Prinzipien der Himmelsmechanik in gemeinfasslicher Darstellung, 1 *g.* — **Rau**: Darstellende Geometrie, 4 Übungen, 2 *g.* —

Universität Innsbruck.

Czermak: Experimentalphysik: Akustik, Optik, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Exner**: Mathematische Physik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Seminar für mathematische Physik, 1 *g.* — **Radaković**: Theorie der dioptrischen Instrumente, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und deren Bedeutung für die Praxis, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik II: Über Wechselstrommaschinen, Motoren und Transformatoren, 2. —

Senhofer: Allgemeine Chemie für Lehramtskandidaten und Mediziner II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in analytischer und pharmazeutischer Chemie, tägl.; Praktische Anleitung zu analytisch-chemischen Untersuchungen für Medi-

ziner, 6 *g*; Pharmazeutische Chemie, 5. — **Hopfgartner**: Chemie einiger wichtiger Metalle, 1. — **Zehenter**: Chemische Technologie, 2. —

Otto Stolz: Reelle Differential- und Integralrechnung, 4; Arithmetik II: Die komplexen Zahlen, und Einleitung in die allgemeine Funktionentheorie, 3. — **Wirtinger**: Algebraische Funktionen und ihre Integrale, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Über Differentialgleichungen, 3; Ausgewählte Abschnitte der Elementarmathematik (auch für Naturhistoriker), 2; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **v. Oppolzer**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung, 2; Übungen in der Zeitbestimmung, 2; Theorie der astronomischen Refraktion, 1. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar, in unmittelbarem Anschluss an die Vorlesung (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium, 6; Elektrizität und Licht, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 1; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher und Teichmüller), 4 Nachm., II, 2 Nachm. — **Meidinger**: Ältere Anwendungen der Elektrotechnik (Blitzableiter, Galvanoplastik, Telegraphie. Telephonie), 2; Praktikum für Ventilationsanlagen, 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Photometrie, 1. — **Teichmüller**: Entwerfen von Leitungsanlagen, Übungen, 2; Theorie und Messung der Wechselströme, 3; Elektrische Leitungen (ausgewählte Kapitel), 2. — **Bragstad**: Elemente der Elektrotechnik, 2. — **N. N.**: Allgemeine Theorie der Wellen, 2; Elektromagnetische Lichttheorie, 2. —

Bunte: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik etc., 2, II: Chemische Grossindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Gaschemische Übungen (mit Haber), 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Engler**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 ganze Tag. — **Le Blanc**: Thermochemie, 2; Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2. — **Haber**: Spezielle technische Elektrochemie mit Demonstrationen, 3; Chemische Technologie der Faserstoffe II: Bleicherei, Färberei, Druckerei, 2, Übungen, 2. — **Kast**: Technologie der edlen Metalle mit Übungen in der Probierkunst, 1, Übungen, 3. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, Übungen, 2. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. —

Haussner: Synthetische Geometrie I und II, 3. — **Heun**: Theoretische Mechanik I und II, 5; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **Schröder**: Höhere Mathematik II, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Wedekind**: Höhere Mathematik I: Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung), 4, Übungen, 2; Analytische Geometrie, 2. — **Disteli**: Projektionslehre, 2, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 4, Übungen, 1. — **Orsinger**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Arithmetik, 2. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II. für Ingenieure, Forststudierende und Geometer, 2 Nachmittage, III, für Ingenieure, 1 Nachmittag; Elemente der praktischen Geometrie und Vermessungsübungen für Maschineningenieure und Architekten, 2, Übungen, 1 Nachmittag; Grössere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 2. — **Benoit**: Pumpen und Gebläse, 2; Elektrische und hydraulische Hebezeuge, 2; Hebemaschinen, 3; Maschinenkonstruieren I und II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, der Elektrotechnik, 3; Maschinenzeichnen, Übungen, 2. — **Brauer**: Festigkeitslehre, 5, Übungen, 2; Hydraulik, 3; Mechanisches Laboratorium, 1, Übungen, 3. — **Grassmann**: Dampfmaschinenbau, 4; Maschinenkonstruieren I und II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, für Studierende der Elektrotechnik, 3. — **Keller**: Maschinenelemente, 3; Maschinenkonstruieren (Triebwerke etc.), für Studierende des Maschinenwesens, 8, der Elektrotechnik, 6, des Ingenieurwesens, 4; Lokomotivbau, 3. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation, 2; Mechanische Technologie, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, Übungen, 2; Technologische Exkursionen. —

Universität Kiel.

Weber: Thermodynamik, 4; Meteorologie, 1 *g*; Physikalische Technologie mit besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, für Juristen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Lenard**: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 4; Praktische Übungen für Anfänger, zugleich für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten, 7; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. ausser Sonnabend; Besprechungen physikalischer Fragen, 1 *g*. —

Claisen: Anorganische Experimentalchemie (die Nichtmetalle), 5; Chemisches Praktikum, in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), tägl. ausser Sonnabend, in der organischen Abteilung, tägl., für Mediziner, 4. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 3; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, $^3/_4$ *g*. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 2, Exkursionen hierzu, *g*. — **Emmerling**: Agrikulturchemie, 1 *g*. — **Berend**: Übersicht über die organischen Farbstoffe, 1. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Feist**: Tautomerie, 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie (3. Serie), 14tägg., *g*. —

Pochhammer: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus den partiellen Differentialgleichungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik des Himmels, 3; Astronomische Übungen, 1 *g*. — **Stäckel**: Differentialrechnung und Einleitung in die Analysis, 4; Algebraische Kurven und Flächen, 4; Abels Leben und Werke, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar (über Abels algebraische Abhandlungen), 1 *g*. — **Kreutz**: Sphärische Astronomie II, 3; Fixsternkunde, 1 *g*. — **Weinnoldt**: Darstellende Geometrie, 6. —

Universität Königsberg.

Pape: Über einige Erscheinungen der elektrischen Induktion, 1 *g*; Experimentalphysik I: Allgemeine Physik und Wärmelehre, 5; Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Einführung in das Studium der theoretischen Physik: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen, 6. —

Lossen: Repetitorium der Chemie, 1 *g*; Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum im Laboratorium, tägl.; Kleines chemisches Praktikum. — **Klinger**: Spektralanalyse, 1 *g*; Organische Chemie, 4; Quantitative Analyse (ausschliesslich der Massanalyse), 2; Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Blochmann**: Analytische Methoden der Technik, 1 *g*; Einleitung in die Teerfarbenindustrie, 2. — **Löwenherz**: Die chemischen Reaktionen vom Standpunkte des Gesetzes der Massenwirkung, 1 *g*; Einleitung in die anorganische Chemie, für Chemiker und Mediziner, 2; Elektrochemische und physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten, *g*. — **Kippenberger**: Angewandte Elektrochemie, 2 *g*; Massanalyse, 1; Repetitorium der analytischen Chemie, 1. —

Struve: Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*; Theorie der speziellen Störungen (für Fortgeschrittene), 1 *g*; Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 3. — **Meyer**: Differentialrechnung, 3, Übungen, 1 *g*; Höhere Algebra I, 4; Mathematisches Oberseminar, 1 *g*. — **Schoenflies**: Elliptische Funktionen, 4; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Saalschütz**: Über die Bernoullischen Zahlen, hauptsächlich in zahlentheoretischer Beziehung, 2 *g*; Theorie der bestimmten Integrale, 4. — **Cohn**: Geodäsie, 3. — **Vahlen**: Minimalflächen, 2; Geometrische Konstruktionen, 1 *g*. — **Müller**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Technische Mechanik: Festigkeitslehre, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Schall, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 9; Physikalisches Kolloquium (mit Boltzmann), 2 *g*. — **Boltzmann**: Gastheorie, 5; Theo-

retisch-physikalische Übungen, 1 *g.* — **v. Oettingen**: Harmonielehre auf akustischer Grundlage, 1 *g.* —

Wislicenus: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, für Geübtere (mit Stobbe und Rassow), tägl., für Analytiker, tägl.; Chemisches Halbpraktikum, tägl. ausser Sonnabend. — **Ostwald**: Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g.* — **Beckmann**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-toxikologisches Praktikum, halbtägig tägl. — **Weddige**: Technische Chemie, mit Exkursionen, 2. — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie II: Die aromatischen Verbindungen, 3. — **Wagner**: Technik der Experimentalchemie mit Berücksichtigung von Schulversuchen, 1; Chemisches Praktikum für Lehrer (Analyse und Schulversuche), tägl. — **Rassow**: Chemische Technologie (Brenn- und Leuchtstoffe, ausgewählte anorganische Betriebe), mit Exkursionen, 2; Metallurgie mit Exkursionen, 2. — **Luther**: Stöchiometrie, 3. — **Bodenstein**: Chemie der extremen Temperaturen, 2. — **Henze**: Qualitative Analyse, 2. —

Scheibner: Liest nicht. — **Neumann**: Konstruierende Geometrie, insbesondere über Kegelschnitte, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Bruns**: Theorie der astronomischen Instrumente, 4; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen auf der Sternwarte (mit Peter), *g.* — **Mayer**: Wird noch ankündigen. — **Hölder**: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Zahlentheorie, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in Funktionentheorie, 1 *g.* — **Engel**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie (Kurven und Flächen), 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Theorie der Transformationsgruppen, mit Übungen, 2; Transformationsgruppen und Invariantentheorie, für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 1 *g.* — **Peter**: Theoretische Astronomie (Kometen- und Planetenbahnen), 3; Praktikum in astronomischen Ortsbestimmungen für Geographen, *g.* — **Hausdorff**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Nichteuklidische Geometrie (Fortsetzung), 2; Übungen in gewöhnlichen Differentialgleichungen, 1 *g.* — **Liebmann**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen 1 *g*; Graphische Statik, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Feussner), 2; Physikalisches Praktikum (mit Feussner), 6; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Feussner**: Analytische Mechanik, 4; Ausgewählte Abschnitte der theoretischen Optik, 2. —

Zincke: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie für Chemiker und Mediziner, 6; Repetitorium für Mediziner über organische Chemie, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl. — **E. Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Fritsch und Gadamer). — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1. — **Fritsch**: Qualitative Analyse, 1; Pyridinderivate, 1. — **Schaum**: Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Spektralanalytisches Praktikum, 2. — **Gadamer**: Technologie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Prüfung der galenischen Präparate (D. A. B. IV.), 1 *g.* — **Schenck**: Elektrochemie, 2; Einführung in die ersten Arbeiten im Laboratorium und in die analytische Chemie, 2. —

Schottky: Theorie der krummen Linien und Flächen, 4; Allgemein- Funktionen-Theorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Hess**: Differentialrechnung, 5; Ausgewählte Kapitel der Geometrie, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 3. — **v. Dalwigk**: Theorie der Kegelschnitte, 4; Einführung in die Geodäsie mit praktischen Übungen, 1½ *g.* —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übungen (mit Graetz und Zehnder), 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **Graetz**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Theorie des Lichtes, 3; Physikalisches Praktikum (mit Röntgen), 4. — **Zehnder**: Kapitel aus der angewandten Physik, 2. — **Erk**: Wird später ankündigen. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten (mit K. Hofmann und Piloty in der unorganischen Abteilung, mit Königs in der organischen Abteilung), tägl. ausser Sonnabend, ganz- oder halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty), 4. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie II, 4; Forensische Chemie, 1 *g*; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie II: Vegetabilische Nahrungsmittel, Gebrauchsgegenstände, Wasser, 1; Chemisches Praktikum: Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der angewandten Chemie, speziell der Nahrungsmittel — physiologische Chemie und elektrochemische Arbeiten (mit Weinland), halb- und ganztägig; Spezialkursus für Studierende der Pharmazie, ½ Tag. — **Königs**: Pyridinderivate, 1 *g.* — **K. Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, I, für Anfänger und Vorgeschrittene, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für Spektralanalyse, 2. — **Piloty**: Über massanalytische Methoden, 2; Elektrolytisches Praktikum, 4—5 wöchentliche Kurse, ganztägig. — **Willstätter**: Über die Entwicklung der organischen Chemie in den letzten Dezennien, 1. — **Dieckmann**: Geschichte der Chemie seit Lavoisier, 1 *g.* — **Weinland**: Prüfung und Wertbestimmung der Arzneimittel nach dem deutschen Arzneibuch I. (Anorganischer) Teil, 1 *g*; Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie. —

Lindemann: Integralrechnung, 5; Theorie der Substitutionen und der höheren algebraischen Gleichungen, 4; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g.* — **Seeliger**: Theorie der Figur der Himmelskörper (Fortsetzung), 3; Praktisch-astronomische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g.* — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 4; Fouriersche Reihen, 3. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, für Studierende aller Fakultäten, 4. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der neueren Geometrie: Räumliche Gebilde, 3. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. — **Ed. v. Weber**: Analytische Geometrie des Raumes, mit Übungen, 5; Theorie und Anwendung der Determinanten, 3. — **Korn**: Analytische Mechanik, 4; Kapillaritätstheorie, 1 *g.* — **Göttler**: Allgemeine Theorie der algebraischen Kurven, 3; Repetitorium und Übungen für die Kandidaten des I. mathematischen Examens, 4. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektromagnetismus, Induktion, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik, 4—8. — **Fischer**: Mathematische Behandlung der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Physikalische Messungen und Messinstrumente (zur Vorbereitung für das physikalische Praktikum), 1; Experimentelle Akustik. — **Knoblauch**: Thermische Messmethoden mit Übungen. — **Föppl**: Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2; Technische Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3. — **Emden**: Hydrodynamik mit Berücksichtigung der Wirbelbewegungen, 3. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übgn. für Vorgeschrittene; Photographie mit besonderer Berücksichtigung der photographischen Vervielfältigungs- und Lichtpauseverfahren. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 3, Übungen, 2; Theorie und Konstruktion der Messinstrumente und Elektrizitätszähler, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik für Elektroingenieure II, 3, Übungen, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 4; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, 2, Übungen, 4. — **Ossanna**: Starkstromtechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 4; Konstruktionslehre der Gleichstrommaschinen, 2; Entwerfen von Wechsel- und Gleichstromkonstruktionen, 4; Theorie des allgemeinen Transformators mit Anwendung auf den Induktionsmotor und auf den statischen Transformator. — **Gleichmann**: Theorie und

Konstruktion der Schalt- und Regulierapparate, sowie Kostenberechnung von Maschinen und Apparaten, 2; Elektrische Strassen- und Vollbahnen, 1. — **Ultsch**: Konstruktionslehre der Maschinenteile II, 4; Entwerfen von Maschinenteilen II, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 6; Konstruktionslehre der Arbeitsmaschinen II, 2; Entwerfen von Arbeitsmaschinen II, 6; Allgemeine Maschinenlehre, 4. — **v. Lossow**: Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 4; Entwerfen von Dampfkesseln, 2. — **Lynen**: Konstruktionslehre der Dampfmaschinen, 6; Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 2; Entwerfen von Eisenbahnmaschinen, 2. — **Schröter**: Theoretische Maschinenlehre I u. II, 4, Praktikum, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie II, 5; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Technologie: Mühlenanlagen, 2. — **Schmid**: Allgemeine Maschinenlehre II. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschliesslich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Chemische Technologie III, 4, Praktikum 20 bis 30. — **Eibner**: Über Pyridin- und Chinolinderivate, 1. — **Rhode**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse I, 4; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse II, 1; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **Hofer**: Elektrochemie II, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde I. Anorganische Waren, 2. — **Baur**: Die chemischen Vorgänge in der Photographie. —

v. Braunmühl: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Anwendung der elliptischen Funktionen auf geometrische und mechanische Probleme, 2; Mathematisch-historisches Seminar, 1. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Anwendungen der Differentialrechnung auf Raumgeometrie, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit **Finsterwalder**), 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4; Kinematik, 3. — **M. Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 1 oder 2 Wochen; Katastermessungen, 3, Praktikum IV, 10; Kartierungsübungen, 4. — **Hohenner**: Repetitorium über die Lehre von den geodätischen Messinstrumenten, 2. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. — **Finsterwalder**: Vektoranalysis; Geometrisches Seminar für Anfänger mit Zeichen- und Modellierübungen für Studierende der Mathematik, 2. —

Akademie Münster.

Hittorf: Liest nicht. — **Heydweiller**: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Wärmelehre, 4; Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 2; Physikalische Übungen, 3 oder 6; Wissenschaftliche Untersuchungen im physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium, 2 *g*. —

Salkowski: Organische Chemie I, 4; Die Leichtmetalle, 2 *g*; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, 30. — **König**: Analytische Chemie: Metalloide, 1; Hygiene, 2 *g*; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium; 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Glasindustrie und Keramik, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium; Darstellung chemischer Präparate, 35; Toxikologie, 1 *g*. — **Reinganum**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2. —

Killing: Analytische Geometrie I, 3, Übungen, 1 *g*. — Analytische Mechanik I, 4; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Einleitung in die Differentialgeometrie, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Dehn**: Funktionentheorie, 4; Übungen zur darstellenden Geometrie, 1 *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik II, mit Berücksichtigung der Mediziner, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum II, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Theorie des Wechselstromes, 1. — **Lippich**: Gastheorie, 3; Theorie der Kapillarität, 2. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie III: Hydrometeore und Wetterprognose, 2; Kosmische Spektralanalyse, 2. —

Goldschmiedt: Organische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, ganztägig (für Mediziner, halbtägig), tägl. ausser Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend, *g*. — **Gintl**: Anleitung zur Ausführung gerichtlich-chemischer Untersuchungen mit praktischen Übungen, für Lebensmittel-Chemiker, 4. — **Brunner**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **v. Garzarolli**: Massanalyse mit Demonstrationen, 2; Nachweis anorganischer Gifte. 1. — **Meyer**: Stereochemie, 1. — **Kirpal**: Chemische Tagesfragen, 1. —

Pick: Algebraische Gleichungen, 3; Algebraische Funktionen (Fortsetzung), 2. — **Gmeiner**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 4; Einleitung in die Theorie der Funktionen komplexer Veränderlicher, 1. — **Weinek**: Theorie der astronomischen Instrumente I, 3; Praktisches Beobachten, 2; Über Finsternisse und Sternbedeckungen, 1. — **Oppenheim**: Elemente der Mondbewegung, 2. —

Technische Hochschule Prag.

v. Geitler: Physik: Wellentheorie, Akustik, Optik, 5; Optische Instrumente, Spektralanalyse, Sacharimeter, 2. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik: Elektromotoren für Gleich- und Wechselströme, elektrische Bahnen, 2; Spezielle Elektrotechnik: Elektrische Centralen für Beleuchtung und Krafttübertragung, Berechnung der Leitungsnetze, 2; Ausgewählte Kapitel der Wechselstromelektrotechnik, 1. — **Pichl**: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Doerfel**: Maschinenlehre: Dampfmaschinen, Dampfkessel, hydraulische Motoren, 5, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenlehre: Ausgewählte Kapitel, 2; Maschinenbau II, 2, Konstruktionsübungen, 4. — **Stark**: Materialienlehre, 1; Encyklopädie der Mechanik I, 2; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 4, Repetitorium, 1, III: Hydrostatik und Hydraulik, 3. — **Schiebel**: Maschinenbau 1 und 2, Konstruktive Übungen, 4, II, 2, Konstruktionsübgn., 7; Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Baudiss**: Maschinenbau II, 4, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2.

Gintl: Allgemeine Experimentalchemie, spezielle Chemie der Elemente II, 5; Praktische Übungen in der Ausführung chemischer Operationen und Darstellung von Präparaten, 6; Analytische Chemie (qualitative), Repetitorium, 2; Analytische Chemie (quantitative), 2, Übungen, 24; Spezielle Kapitel der organischen Chemie, 1; Praktische Photographie und Übgn.; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen für Geübtere (mit **Storch**); Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 3, Übungen, 6. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Massanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie: Elektrochemie, 3; Theorie der cyklischen Verbindungen, 2. — **Czapek**: Agrikulturchemie, 3. —

Weiss: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Repetitorium, 1; Übungen aus der Integralrechnung, 1; Analytische Mechanik, 2. — **Grünwald**: Mathematik II (Fortsetzung), 3, Repetitorium, 1; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 8; Das Nullsystem und der lineare Komplex, 1; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden Geometrie, 1. — **Ruth**: Elemente der niederen Geodäsie, Übungen, 2; Niedere Geodäsie I, Übungen, 2, II, $4^1/_2$, Übungen, 4; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik 2, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen, Übungen, 2. —

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Mechanik, Optik, 5; Mathematische Geographie und populäre

Astronomie, 2; Physikalisches Seminar, 2; Kleines physikalisches Praktikum für Mathematiker, Mediziner, Chemiker und Pharmazeuten, 12; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl. — **Wachsmuth**: Elektromagnetische Lichttheorie, 3; Einleitung in das physikalische Praktikum mit Demonstrationen, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 14 tägg., 2. —

Michaelis: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium: a) Grosses Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, für Nahrungsmittelchemiker, 2. — **Heinrich**: Ausgewählte Kapitel aus der Agrikulturchemie, 2, Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Stoermer**: Massanalyse, 1; Aromatische Verbindungen, 4; Methodik der organischen Synthese, 3. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen für Anfänger, 3; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Kunckell**: Massanalytische Bestimmungen des Deutschen Arzneibuches in Verbindung mit einem Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 2. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, 35; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Cantor**: Praktische Übungen in der physikalischen Chemie, 4. — **Zenneck**: Elektromagnetische Schwingungen (experimentell) I: Langsame Schwingungen (Wechsel- und Drehströme), 1. — **Hergesell**: Die Wärmeverhältnisse des Erdkörpers, 2; Meteorologische Übungen im meteorologischen Institut, *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium (mit Rose), tägl. ausser Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der leichten Metalle, 5; Analytische Chemie, 4. — **Erlenmeyer**: Stereochemie, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere (mit Kreutz), tägl. — **Köhl**: Cyklische Verbindungen des Steinkohlenteers II, 2. — **Kreutz**: Untersuchungsmethoden der alkoholischen Getränke, 1; Anleitung zur chemischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. ausser Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum, 4; Grundzüge der physiologischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Die ätherischen Öle und Kampferarten in pharmazeutisch-chemischer Beziehung, 1 *g*. —

Roth: Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen 2 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 3. — **Krazer**: Bestimmte Integrale, 3; Einleitung in die Funktionentheorie, 3; Determinanten, 2; Übungen des mathematischen Seminars (untere Abteilung), 1. — **Reye**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 2; Technische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Variationsrechnung, 4; Encyklopädie der Elementarmathematik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein), 1½ *g*. — **Timerding**: Theorien von Ebbe und Flut, 2. — **Wellstein**: Ausgewählte Kapitel der angewandten Mathematik, 2 *g*; Arithmetische Theorie der algebraischen Funktionen, 2. — **Becker**: Niedere Geodäsie, 4 Das Meridianinstrument und seine Aufgaben in der neueren Astronomie, 1; Seminaristische Übungen (Kolloquium), *g*; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wislicenus**: Theoretische Photometrie, 1; Photogrammetrie, 1; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Praktikum I, halbtägg. ausser Sonnabend, II, tägl.; Theoretische Physik, 2. — **Englisch**: Theoretische Photographie (chemischer Teil), 1—2; Anleitung zum Photographieren, 1. — **v. Weyrauch**: Aërostatik und Aërodynamik, 2; Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Lehramtskandidaten, 2. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 12; Pumpen, 2. — **Ernst**: Maschinenelemente, 2; Hebezeuge, 3, Übungen, 6. — **Thomann**: Wassermotoren, 6; Maschinenkonstruktionen, 8; Turbinen-Regulatoren, 1; Maschinenkunde, 4, Übungen. — **Bantlin**: Dampfkessel, 3; Maschinenkonstruktionen, 10. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt, Vortrag und Übungen; Ingenieurlaboratorium, Übungen; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Ensslin**: Kältemaschinen, 2; Aus der angewandten Elastizitätslehre, 2. — **Veesenmeyer**: Die elektrischen Bahnen, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8; Projektierung elektrischer Anlagen, 2. — **Herrmann**: Die Elektrizitätswerke einschliesslich der Leitungen, 2; Elektrotechnische Messkunde I, 2. — **Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Messkunde II, 1; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium: Praktikum I für Anfänger an 4 halben Tagen, Praktikum II (mit Herrmann), tägl. ausser Sonnabend; Elektrotechnisches Seminar (mit Veesenmeyer und Herrmann), 1. — **Widmaier**: Allgemeine mechanische Technologie (Verarbeitung der Faserstoffe), 5; Werkzeugmaschinen, 3. — **Johannsen**: Appretur und Veredelung, 1 *g*. —

Hell: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer), tägl. ausser Sonnabend; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **O. Schmidt**: Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Physikalische Chemie, 1; Kolloquium über organische Chemie, 2. — **J. Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 1; Chemisch-technische Analyse, 1. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse, 2. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, tägl. ausser Sonnabend; Metallurgie, 1; Elektrochemie, 1—2. —

N. N.: Trigonometrische Übungen, 2. — **Roth**: Mathematische Geographie, 2. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Reihen, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Reine Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Göller**: Perspektive, 2. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **Hammer**: Praktische Geometrie II, 4, Übungen I, 16; II, 5; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung, 2, Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik I: Mechanik und Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. —

v. Hüfner: Ausgewählte Kapitel aus der physiologischen Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner (mit Küster) I: Qualitative Analyse, 9, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **v. Pechmann**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen, tägl. ausser Sonnabend, a) für Anorganiker (mit Paul) mit Kursus für Anfänger, ganz- und halbtägig, b) für Organiker (mit Bülow), ganztägig; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Paul**: Analytische Chemie II, 3; Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil), 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Bülow**: Chemie der mehrkernigen und heterocyklischen aromatischen Verbindungen, 2; Die deutsche chemische Industrie, 1. — **Küster**: Chemie der Kohlehydrate, 1; Repetitorium der Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen mit medizinisch wichtigen organischen Stoffen, 2 bis 3. — **Wedekind**: Beurlaubt. — **Dimroth**: Die Chemie der natürlichen organischen Farbstoffe, 1. —

v. Brill Analytische Mechanik, 5; Ausgewählte Abschnitte aus der Theorie der Raumkurven und Flächen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Niedere Analysis, 3; Funktionentheorie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis, 4, Übungen, 2; Invariantentheorie der Binärformen, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner I, 4; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. für Chemiker und Naturhistoriker, 5; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 1 *g*. — **Jäger**: Elemente der theoretischen Physik II: Wärme, 3; Elastizitätstheorie, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 3; Physikalische Bedeutung mathematischer Begriffe für Hörer der Medizin und der Philosophie, 2; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1. — **Lampa**: Spezielle Probleme aus der Theorie der elektromagnetischen Schwingungen, 2. — **Benndorf**: Elektrostatik, 1; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. — **Meyer**: Experimente zur Akustik, 1. — **Hasenöhrl**: Theorie der Strahlung, 2. — **Mache**: Fourier'sche Reihen und deren Anwendung auf physikalische Probleme, 2. — **Hann**: Allgemeine Klimatologie II: Übersicht über die grossen Klimagebiete der Erde, 2; Grundzüge der Ozeanographie II, 1½; Einführung in die Berechnung meteorologischer Beobachtungen, 1½. — **Pernter**: Meteorologische Instrumentenkunde und Übungen an der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, 3. — **Trabert**: Wird nicht lesen. — **v. Schweidler**: Wird nicht lesen. —

Lieben: Experimentalchemie II: Organische Chemie (mit Berücksichtigung auch medizinischer Hörer); 5; Chemische Übgn. für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend, für Mediziner, 4; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5; Analytische Chemie (quantitativer Teil), 2; Über Titriermethoden, 1. — **Wegscheider**: Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten 1; Thermodynamik des chemischen Gleichgewichtes, 2. — **Fossek**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie für Pharmazeuten, 1. — **Blau**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen und organischen Chemie, 1. — **Pomeranz**: Theoretische Chemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur chemischen Analyse (im Anschlusse an die chemischen Übungen für Mediziner), 1. — **Pollak**: Chemie der organischen Farbstoffe II: Natürliche Farbstoffe, 2; Chemische Technologie der Gespinstfasern, 1. — **Wenzel**: Anorganische Technologie (Kalk-, Glas- und Thonindustrie), 1. — **Zeisel, Schacherl u. Vortmann**: Werden nicht lesen. —

v. Escherich: Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Gegenbauer**: Elemente der Differential- und Integralrechnung (unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker, II), 5, Übungen, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Algebra (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Mathematische Statistik, 3. — **Kohn**: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Ebene algebraische Kurven, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik (Fortsetzung), 3, Übgn., 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Zsigmondy**: Flächen zweiter Ordnung, 1. — **Daublebsky v. Sterneck**: Zahlentheorie, 4. — **Carda**: Anwendungen der Gruppentheorie auf Integrationsprobleme und Infinitesimalgeometrie, 1. — **Weiss**: Theoretische Astronomie, 4. — **v. Hepperger**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Astrophysik, 2. — **Schram**: Zeitrechnung und Jahrform verschiedener Völker und Umrechnung von Daten (mit besonderer Rücksicht auf Historiker), 2. — **Hillebrand**: Mechanik des Himmels (Fortsetzung), 2. — **Hartl**: Kartographie mit Konstruktionsübungen, 4. —

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Physik für Chemiker, 2, Übungen, 1. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, 4, praktische Übungen und Untersuchungen, 4. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen, 2. — **Lisnar**: Erdmagnetismus, 2. — **Strache**: Beleuchtungswesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre, 4. — **v. Radinger**: Maschinenbau I, 5, Konstruktionsübungen, 13. — **v. Hauffe**: Maschinenbau II, 5, Konstruktionsübungen, 15. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3 — **v. Stockert**: Eisenbahnmaschinendienst, 3. — **Klok**: Mechanische Technologie II, 5. —

Bauer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Wegscheider**: Chemische Dynamik und theoretische Elektrochemie, 1. — **Paweck**: Elektrochemie, 3. — **Lippmann**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Stuida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Bamberger**: Agrikulturchemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Oser**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Perger**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Höhnel**: Technische Warenkunde, 2, Übungen, 1½. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. —

Allé: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 2. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 4. — **Daublebsky v. Sterneck**: Kreisteilung, 1. — **N. N.**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktives Zeichnen, 6. — **Schell**: Elemente der niederen Geodäsie, praktische Übungen, 5; Praktische Geometrie, 7½, praktische Übungen, 5; Situationszeichnen für die Hörer der Bauingenieurschule, 3, des geodätischen Kurses, 4; Photogrammetrie, 1½. — **Tinter**: Höhere Geodäsie II, 3; Übgn. im Beobachten und Rechnen, 2½; Geodätische Rechenübgn., 2½; Das geometrische Präzisionsnivellement, 1½. —

Universität Würzburg.

W. Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 4 resp. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Des Coudres**: Thermodynamik, 3; Kinetische Theorie der Gase und Lösungen, 2 *g*. —

Hantzsch: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Wislicenus), 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Wislicenus und Tafel), tägl. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz- und halbtägig. — **Wislicenus**: Massanalyse, 2; Ergänzende Vorträge zum Medizinerpraktikum, 1 *g*. — **Tafel**: Chemische Theorien, 2. — **Reitzenstein**: Über organische Farbstoffe, 2. — **Ley**: Theorie der Lösungen, 2; Über Salze und Metallverbindungen, 1. — **Seitz**: Elektrizitätsleitung der Gase, 2. —

Prym: Integralrechnung, 6, Übungen, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Voss**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4, Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2 *g*. — **Selling**: Sphärische Astronomie, 2. — **Rost**: Darstellende Geometrie II, 4; Anwendungen der Infinitesimalanalysis auf Geometrie, 4 *g*.

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Optik (Fortsetzung), 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Schaufelberger**: Elemente der Elektrotechnik, 2; Kapillarität, 1. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Organische Chemie III; Stereochemie, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgeschrittene (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g*; Technisch-chemisches Praktikum, *g*; Chemisches Halbpraktikum

(für Studierende der Naturwissenschaften), halbtägl. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, 1 *g*.; Anleitung zu medizinisch-chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemie und Untersuchung der wichtigsten Nahrungs- und Genussmittel, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl., für Lehramtskandidaten, 2½ Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage. — **Schall**: Organische Elektrochemie, 1 bis 2. — **Pfeiffer**: Der Sauerstoff und seine Verbindungen, 1. —

Burkhardt: Algebraische Analysis, 4; Ausgewählte Fragen der Differential- und Integralrechnung, 2; Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Weiler**: Analytische Geometrie II, 3; Darstellende Geometrie II, 4; Kartenprojektionen, 2. — **Kraft**: Die Wissenschaft von den extensiven Grössen, 4. — **Gubler**: Gammafunktion und hypergeometrische Reihe, 2; Anleihens- und Versicherungsrechnung, 2; Inhalt und Methode des mathematischen Unterrichtes in der Mittelschule I, 2; Elementar-mathematische Übungen, 1 bis 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 9; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Theorie des Wechselstroms, 2; Differentialgleichungen der Physik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16. — **Weiss**: Physik I, 4, Repetitorium, 1; Cours d'acoustique théorique et expérimental, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Travaux scientifiques dans les laboratoires de physique, 24. — **Schweitzer**: Besprechung von neuern physikalischen Arbeiten, 1; Transformatoren und Umformer, 1 *g*. — **Denzler**: Bau und Betrieb elektrischer Bahnen I, 2; Anleitung zum Projektieren elektrischer Anlagen mit ausgewählten Abschnitten über elektrische Technologie I, 2. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik (Fortsetzung), 1 *g*. — **Wyssling**: Elektrische Centralanlagen I, 2. — **Stodola**: Dampfmaschinen II, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übungen in der kalorischen Abteilung, ½ Tag. — **Prásil**: Hydraulische Motoren und Pumpen I, 2, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen und Demonstrationen im Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung, ½ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I: Metallurgie, 4, Repetitorium, 1, II: Werkzeugmaschinen, Spinnerei, 3, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 4, Übungen, 4. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 2. — **Fliegner**: Praktische Hydraulik, 2; Theoretische Maschinenlehre I (Einleitung), 2, Übungen, 2, III: Lokomotiven, 3, Übungen, 2. — **Herzog**: Mechanik I, 1, Repetitorium, 2, Übungen, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Skizzierübungen, 2; Maschinenbau: Transmissionen und Hebezeuge, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren und Demonstrationen, 9. — **Schüle**: Technologie des matériaux de construction, 3, Repetitorium, 1; Materialtechnisches Praktikum, 4; Eisenkonstruktionen (mit Repetitorium), 3. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübgn., 4; Feuerungsanlagen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photographisches Praktikum, 15; Photogrammetrie, 1. —

Bamberger: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 3, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum (mit Treadwell), 2 bezw. 4. — **Treadwell**: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse mit Übungen, 4; Probierkunde mit Übgn., 2; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Bosshard**: Gärungsgewerbe (Brauerei und Spritfabrikation), 1. — **Constam**: Physikalische Chemie II, 1; Organische Elektrochemie, 1 *g*; Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie (mit Lorenz), ½ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum (mit Lorenz), tägl. — **Lorenz**: Technische Elektrochemie, 2; Elektrometallurgie 1; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 15. — **Gnehm**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Beleuchtungsindustrie, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Botanik II: Untersuchung von Nahrungsmitteln und Gewürzen, 2; Warenkunde, 2; Mikroskopische Übungen in der Nahrungsmittelkunde, 2 halbe Tage; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Lunge**: Anorganisch-chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien und Explosivstoffe, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Winterstein**: Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratium, 1; Physiologische Chemie (ausgewählte Kapitel), 2. —

Hurwitz: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übgn., 2. — **Becker**: Planzeichnen, 2 bezw. 4; Kartenzeichnen, 3; Topographie, 2; Kroquieren, 1; Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten a. Schluss des Sommersemesters, 2 Wochen. — **Beyel**: Schattenlehre, 2; Flächen zweiten Grades, 2. — **Decher**: Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten am Schluss des Sommersemesters, 2 Wochen; Vermessungskunde, 5, Repetitorium, 1. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Lage, 2. — **Franel**: Calcul intégral, 4. Répétition, 1, Exercices, 2. — **Geiser**: Invariantentheorie, 4; Infinitesimalgeometrie, 4. — **Hirsch**: Theorie der bestimmten Integrale, 2. — **Keller**: Repetition der darstellenden Geometrie (Axonometrie, Kollinkation, Kegel-, Rotations- und Schraubenflächen), 2; Übungen in Differential- und Integralrechnung, 2. — **Kraft**: Die Wissenschaft von den extensiven Grössen, 4. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 2, Répétition, 1, Exercices, 4; Mathematisches Seminar (mit Minkowski), 2. — **Minkowski**: Analytische Mechanik, 2; Partielle Differentialgleichungen, 4. — **Rebstein**: Ausgleichungsrechnung, 2, Repetitorium, 1, Übgn., 2; Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 2, Repetitorium, 2; Die technischen Grundlagen der Invaliditäts-, Unfall- und Krankenversicherung, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4; Geschichte des Problems von der Quadratur des Zirkels, 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Universität München wurde der Dr. phil. J. V. Kohlschütter als Privatdozent für Chemie, an der Technischen Hochschule Charlottenburg der ständige Assistent Dr. Hugo Simonis als Privatdozent für das Lehrfach der organischen Chemie und Dr. Oskar Fröhlich als Privatdozent für das Lehrfach der praktischen Elektrometallurgie und Elektrochemie aufgenommen.

Dem Geh. Hofrat Dr. Richard Dedekind, früher Professor der höheren Mathematik an der Technischen Hochschule zu Braunschweig, wurde aus Anlass seines 50jährigen Doktorjubiläums von der philosophischen Fakultät der Universität Strassburg zum Dr. honoris causa ernannt.

Professor Abbe, Gründer und Leiter der Carl Zeiss-Stiftung, verlässt Jena und siedelt nach Lugano über.

Der Privatdozent für Physik an der Universität Erlangen Dr. E. Müller ist am 16. März in München gestorben.

Gesuche.

Physiker

mit 9 semestr. Studium an Universität und Techn. Hochschule, 2¼ jähr. elektrotechnischer Praxis **sucht eine Assistentenstelle** im In- oder Auslande. Nachrichten unter **C. 6. S.** befördert die Exped. dieser Zeitschrift.

Für die Redaktion verantwortlich (i. V.) Dr. E. Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.